

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

**Vliv teploty stříkaného betonu a urychlovače tuhnutí na vývoj jeho
pevnosti**

**Effect of the temperatures of fresh sprayed concrete and accelerators
on the strenght development of young sprayed concrete**

Student:

Bc. Michal Kudela

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Šafrata

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Kudela**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T021 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: **Vliv teploty stříkaného betonu a urychlovače tuhnutí na vývoj jeho
pevnosti**
**Effect of the temperatures of fresh sprayed concrete and accelerators on
the strength development of young sprayed concrete.**

Zásady pro vypracování:

1. Popište, co je to stříkaný beton a k čemu se používá.
 2. Pro aplikace mokrou cestou uveďte, jaké složky se pro stříkaný beton používají, jaké jsou požadavky na jeho vlastnosti v čerstvém stavu a po jeho nástřiku.
 3. Uveďte limitní podmínky, za kterých je možno stříkání betonu provádět a zdůrazněte vliv teplot pro dosažení požadovaných parametrů.
 4. Na použitých recepturách sledujte vliv různých teplot na náběhové pevnosti mladého betonu při různých dávkách urychlovače tuhnutí. Porovnejte s referenčním betonem.
 5. Pro požadované náběhové křivky pevností betonu (J2) stanovte teplotní limity použití při vybraných složeních dávky urychlovače tuhnutí.
 6. Naměřené výsledky pevností vyhodnoťte a použijte přehledná vyjádření výsledků.
1. Describe what sprayed concrete is, what is it used for and what technologies of its usage are there.
 2. Mention what ingredients are used for sprayed concrete, what are the demands on its characteristics in the fresh state and after spraying for wet applications.
 3. Indicate the limit conditions for spraying concrete and highlight the influence of the temperature to achieve required parameters.
 4. Observe the influence of different temperatures on the first strength of young concrete with different dosages of accelerators on the used recipes. Compare with the reference concrete.
 5. Set the temperature limits for usage with chosen composition of the accelerator dosage for the required learning curves of the concrete strengths (J2).
 6. Evaluate the measured results of the strengths and express them clearly.

Seznam doporučené odborné literatury:

Pytlík, P.: Technologie betonu, 2. vyd. BRNO: VUTUM, 2000. 390 stran. ISBN 80-214-1647-52000.
Melbye, T.: Stříkaný beton, MBT International Underground Construction Group, 1994, 246 stran.
Schorr: Specialbetone Band 6: Spritzbeton, Verlag Bau Technik, 2005, 92 stran ISBN 978-3-7640-0452-1.
Firemní literatura
http://www.ita-aites.cz/cz/casopis/casopis_pdf/
<http://www.concrete.org/>
<http://www.verlagbt.de/verlag/beton/index.php?navtext=Beton>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví po pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Šafrata**

Datum zadání: 28.02.2015

Datum odevzdání: 30.11.2015


Ing. Libor Židek
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 30. listopadu 2015

.....

Bc. Michal Kudela

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 30. listopadu 2015

Anotace

KUDELA, M. *Vliv teploty stříkaného betonu a urychlovače tuhnutí na vývoj jeho pevnosti*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 2015. 95 s.

Diplomová práce je zaměřena na zkoumání vlivu teploty stříkaného betonu a urychlovače tuhnutí na vývoj jeho pevnosti. V první části je popsáno využití stříkaného betonu, stejně jako požadavky na něj kladené. V další kapitole se práce zabývá převážně technologií nástřiku mokrou cestou, která v dnešní době zaujímá 70 % z celosvětové produkce stříkaného betonu. Následují metody zkoušení a popis experimentu. Výsledky a vyhodnocení jsou přehledně zpracovány formou tabulek a grafů na základě zjištěných poznatků. Závěrem práce je vyhodnocení a porovnání výsledků a doporučení pro využití ve stavební praxi.

Klíčová slova: stříkaný beton, urychlující přísada, teplota, vodní součinitel, raná pevnost, penetrační jehla, HITLI

Annotation

KUDELA, M. *Effect of the temperatures of fresh sprayed concrete and accelerators on the strength development of young sprayed concrete*. Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2015. 95 s.

The thesis is focused on examining the influence of the temperature of the shotcrete and the accelerator on the development of its strength. The first part describes the use of shotcrete, as well as the requirements imposed on it. The next chapter deals mainly wet spray technology, which today covers 70% of the world production of shotcrete. Followed by testing methods and a description of the experiment. Results and evaluation are clearly presented in the form of tables and graphs based on the findings. At the end of the work, we evaluate and compare the results and recommendations for the use in construction practice.

Keywords: shotcrete accelerating admixture, temperature, water-cement ratio, early strength, penetration needle, HITLI

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
1 Úvod	10
1.1 Co je stříkaný beton.....	10
1.2 Využití stříkaného betonu.....	11
1.3 NRTM – Nová rakouská tunelovací metoda	12
2 Požadavky na stříkaný beton.....	13
2.1 Požadavky stříkaného betonu podle účelů použití	14
2.2 Třídy rané pevnosti stříkaného betonu	15
2.3 Třídy pevnosti stříkaného betonu.....	17
3 Technologie nástřiku suchou cestou.....	18
4 Technologie nástřiku mokrou cestou.....	20
4.1 Složky betonu pro nástřik mokrou cestou	21
4.1.1 Cement.....	21
4.1.2 Kamenivo.....	21
4.1.3 Voda	23
4.1.4 Příměsi	23
4.1.5 Přísady	23
4.2 Urychlovače tuhnutí	24
4.2.1 Rozdíly mezi alkalickými a bezalkalickými urychlovači.....	24
4.3 Výroba stříkaného betonu a doprava na staveniště	25
4.4 Ukládání stříkaného betonu	25
4.5 Faktory ovlivňující parametry stříkaného betonu	26
5 Metody zkoušení	28
5.1 Zkouška reaktivity cementu a urychlovače	28
5.2 Zkoušení základní směsi stříkaného betonu	29

5.2.1	Zkouška konzistence rozlitím	29
5.2.2	Objemová hmotnost čerstvého betonu	30
5.2.3	Obsah vzduchu tlakovou metodou	31
5.2.4	Obsah vody odparem.....	32
5.2.5	Zhotovení zkušebních těles.....	33
5.2.6	Zkouška pevnosti v tlaku.....	33
5.3	Zkoušení stříkaného betonu	34
5.3.1	Odběr vzorků stříkaného betonu – zhotovení zkušební desky	34
5.3.2	Metoda A – Penetrační jehla.....	35
5.3.3	Metoda B – Zarážení hřebu	36
5.3.4	Zkoušení pevnosti na jádrových vývrtech.....	39
6	Popis a příprava experimentu.....	41
6.1	Cíl experimentu.....	41
6.1.1	Popis sledovaných situací.....	41
6.2	Použité materiály.....	42
6.2.1	Cement.....	42
6.2.2	Kamenivo.....	43
6.2.3	Voda	43
6.2.4	Přísady	43
6.3	Složení betonu.....	43
7	Provedení a výsledky experimentu.....	46
7.1	Výroba stříkaného betonu.....	46
7.1.1	Dávkování složek	46
7.1.2	Postup míchání základní směsi na betonárně	46
7.2	Výsledky zkoušení základní směsi stříkaného betonu	47
7.2.1	Pevnosti v tlaku po 28 dnech	48
7.3	Výsledky zkoušení stříkaného betonu	49

7.3.1	Situace 1 – teplota betonu 19,3 °C, teplota AFA 21,5 °C	49
7.3.2	Situace 2 – teplota betonu 18,6 °C, teplota AFA 10,3 °C	51
7.3.3	Situace 3 – teplota betonu 12,8 °C, teplota AFA 19,2 °C	53
7.3.4	Situace 4 – teplota betonu 12,1 °C, teplota AFA 8,4 °C	55
7.3.5	Situace 5 – teplota betonu 31,5 °C, teplota AFA 28,3 °C	57
7.3.6	Pevnosti v tlaku po 28 dnech	59
8	Vyhodnocení výsledků	61
8.1	Vliv teploty prostředí na vývoj raných pevností.....	62
8.2	Vliv teploty betonu a urychlovače na množství urychlovače tuhnutí	62
8.3	Pevnost v tlaku po 28 dnech	64
8.3.1	Vliv urychlovače na pevnost základní směsi.....	64
8.3.2	Vliv množství urychlovače na pevnost stříkaného betonu	64
8.4	Ekonomické vyhodnocení	65
9	Závěr	66
	Seznam použité literatury	67
	Seznam obrázků	69
	Seznam tabulek	70
	Seznam grafů.....	71
	Seznam příloh.....	72

Seznam použitých zkratk a symbolů

AFA	Alkali-free accelerators – bezalkalický urychlovač tuhnutí	
CEM	cement	
C ₃ A	trikalciumaluminát	
C ₃ S	trikalciumsilikát (alit)	
D	objemová hmotnost čerstvého betonu	[kg/m ³]
D _{max}	maximální jmenovitá herní mez kameniva	
d	velikost otvoru na zkušebním síti	[mm]
F	síla	[N]
f _c	pevnost v tlaku	[MPa]
f _{ck,cube}	charakteristická krychelná pevnost v tlaku	[MPa]
f _{ck,cyl}	charakteristická válcová pevnost v tlaku	[MPa]
MDVRR SR	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálního rozvoje SR	
m	hmotnost	[kg]
NRTM	Nová rakouská tunelovací metoda	
SB	stříkaný beton	
TKP	technicko-kvalitativní podmínky	
V	objem	[m ³]
w/c	vodní součinitel	
ρ _k	objemová hmotnost kameniva	[kg/m ³]

1 Úvod

Jak obrovské přednosti stříkaného betonu jako stavební metody, tak i pokroky u dnes používaných materiálů, vybavení a technologií použití způsobily, že se stříkaný beton stal velmi důležitým a nezbytným prostředkem moderních podzemních staveb. Ve stavebním průmyslu a především v podzemním stavitelství je velmi známa skutečnost, že všechny stavby jsou jedinečné. Obzvláště vývoj stříkaného betonu mokrou cestou podpořil stavební záměry, které byly svého času považovány za neproveditelné. Při aplikaci stříkaného betonu rozlišujeme dvě technologie nanášení. Podle toho, v které fázi procesu přidáváme do betonu vodu, rozlišujeme technologii nanášení mokrou nebo suchou cestou.

Tak jako u tradičního způsobu zpracování betonu, klade i stříkaný beton zvláštní požadavky na vlastnosti čerstvého betonu. Musí být splněny běžné technologické požadavky na beton, jako je hodnota vodního součinitele, obsah cementu, konzistence a teploty betonu, urychlující přísady a prostředí. Právě teploty jsou jedním ze základních parametrů, které jsou mnohdy při používání stříkaných betonů podceňovány.

Cílem této práce je ukázat jaký vliv mají teploty betonu a urychlující přísady na vývoj raných pevností mladého stříkaného betonu. Pro tyto účely sleduji pět situací, které mohou v běžné praxi nastat. Práce je rozdělena do třech částí. V první části se zabývám teorií stříkaného betonu, urychlujících přísad. Druhá část je zaměřena na metody zkoušení. V třetí části je popsán samotný experiment této práce a jeho vyhodnocení.

1.1 Co je stříkaný beton

Jak již bylo uvedeno v úvodu, stříkaný beton je ve své podstatě stavební metoda neboli technologie ukládání. Je nutné rozlišovat, zda se jedná o technologii nástřiku suchou nebo mokrou cestou. U technologie nástřiku suchou cestou se přidává voda nutná pro hydrataci přímo do trysky stříkacího stroje, zatímco u technologie nástřiku mokrou cestou je již nutná voda součástí cementu a kameniva.

Historie stříkaného betonu se datuje od počátku 20. století. Technologii stříkání suchou cestou poprvé uplatnil v roce 1907 američan Carl Ethan Akeley, který touto metodou tvořil sádrové modely dinosaurů pro vědecké účely. Metoda si našla velmi rychlou cestu i do stavební branže. Jeho firma, Cement – Gun Company, si pojem „gunit“ (stříkaný beton) nechala v roce 1911 dokonce patentovat. Pojem gunit se používá dodnes pro stříkané betony aplikované technologií suchou cestou. Po 2. světové válce spatřila světlo světa technologie nástřiku mokrou cestou. Dnes se provádí v celosvětovém měřítku 70 % všech stříkaných betonů právě mokrou cestou. [4]

1.2 Využití stříkaného betonu

Stříkaný beton řeší problémy stability v tunelech a jiných podzemních stavbách. Více než 90 % použitého stříkaného betonu nachází využití při zajišťování hornin právě při stavbách tunelů, hornických pracích, projektech vodních elektráren a zajišťování svahů (obr. 1).



Obr. 1: Zajištění svahů – středová jáma tunelu Povážský Chlmec, trasa D3, SR [autor]

Na rozdíl od monolitického betonu může být využíván bez oboustranného bednění, což umožňuje architektům rozmanitost, např. při napodobování přírodních skalních útvarů apod. Stříkaný beton je výjimečná stavební metoda díky své flexibilitě, rychlosti a hospodárnosti. Dominantní využití je ale právě u podzemních staveb při řešení primárního ostění tunelů při ražbách NRTM (viz následující kapitola).

1.3 NRTM – Nová rakouská tunelovací metoda

Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM, anglicky NATM) je jednou z metod ražby tunelů. Metoda spočívá v ražbách tunelového profilu po částech (obr. 2). Ostění tunelu se skládá z primárního a sekundárního. Primární ostění zajišťuje dočasnou stabilitu výrubu, řádově týdny nebo měsíce. Jako definitivní ostění podzemního díla se potom buduje sekundární ostění. Tato metoda vznikla v 50. a 60. letech 20. století. V současné době se ve světě razí touto metodou okolo 50 % tunelů. Jen v ČR a SR bylo za pomoci této metody od roku 2002 do roku 2010 postaveno na dvě desítky tunelů a v současné době další díla probíhají. [2]



Obr. 2: Čelba železničního tunelu Turecký Vrch SR [autor]

2 Požadavky na stříkaný beton

Požadavky na stříkaný beton upravuje evropská norma EN 14487-1, kapitola 5 [19]. Jsou zde uvedeny požadavky na výchozí materiály (tab. 1), požadavky na složení stříkaného betonu (tab. 2), požadavky na základní směs, požadavky na čerstvý a ztvrdlý stříkaný beton. Tam, kde je potvrzena všeobecná vhodnost pro výchozí materiál, neznamená to vhodnost v každé situaci a pro každé složení stříkaného betonu. Ve stříkaném betonu smějí být použity pouze výchozí materiály s potvrzenou vhodností pro určené použití. Vzájemné poměry složek betonu musí splňovat všechna kritéria vlastností pro čerstvý a ztvrdlý beton. Hodnoty pro složení betonu se vztahují na beton po nástřiku a musí brát v úvahu vliv urychlujících přísad při procesu stříkání.

Tab. 1: Požadavky na výchozí materiály [19]

Výchozí materiál	Požadavek
Cement	U cementu musí být prokázána vhodnost podle EN 197-1
Kamenivo	Vhodnost pro určené použití u kameniva musí být prokázána podle EN 12620 nebo EN 13055-1
Záměsová voda	Záměsová voda musí odpovídat EN 1008
Přísady	Přísady musí odpovídat EN 934-2 a/nebo prEN 934-5 a EN 934-6
Příměsi (včetně anorganických filerů a pigmentů)	Příměsi musí vyhovovat požadavkům specifikovaným v EN 206-1
Stříkaný beton modifikovaný polymery	Stříkaný beton modifikovaný polymery používaný pro opravy musí odpovídat EN 1504-3
Vlákna	Vlákna musí splňovat požadavky uvedené v prEN 14889-1 a prEN14889-2

Tab. 2: Požadavky na složení betonu [19]

Složka	Požadavek a zkušební metody
Cement	Druh cementu musí být specifikován se zohledněním vlivů existující teploty a vývinu tepla na požadovanou dobu zpracovatelnosti, požadavku na nárůst pevnosti a konečnou pevnost a také existující podmínky ošetřování. Pokud je vyžadováno, musí být kontrolován použitím vhodné metody. U trvalých konstrukcí musí podmínky prostředí, kterým je stříkaný beton vystaven, být ve shodě s EN 206-1 a také opatření týkající se odolnosti proti alkalicko-křemičitým reakcím musí odpovídat EN 206-1.
Kamenivo	Musí být přijata opatření týkající se odolnosti proti alkalicko-křemičitým reakcím podle EN 206-1.
Přísady	Omezení pro použití přísad stanovená v EN 934-2 a prEN 934-5 nesmí být překročena.
Příměsi	Použití příměsí pro trvalé konstrukce musí být ve shodě s EN 206-1.
Obsah chloridů	Obsah chloridů ve stříkaném betonu pro trvalé konstrukce nesmí překračovat hodnoty uvedené v EN 206-1:2000, tabulka 10 pro specifikovanou třídu. Pro stříkaný beton vyztužený ocelovými vlákny platí hodnoty pro ocelovou výztuž.
Vodní součinitel	U trvalých konstrukcí musí podmínky prostředí, kterým je stříkaný beton vystaven, být ve shodě s EN 206-1. Tam kde je specifikován vodní součinitel mokré směsi, musí být stanoven podle EN 206-1.
Pro beton vyztužený vlákny	
Vlákna	Ocelová a polymerová vlákna musí odpovídat prEN 14889-1 a prEN 14889-2, ostatní druhy vláken musí odpovídat 5.1.1. Vlákna musí být přidávána takovým způsobem, aby se získalo jejich homogenní rozdělení.

Požadavky dle výše zmiňované normy mohou být dále upřesňovány v rámci technicko - kvalitativních podmínek (TKP) vydávaných příslušným ministerstvem v daném státě. V případě staveb tunelů na území SR hovoříme o TKP část 26 – tunely, vydané Ministerstvem dopravy, výstavby a regionálního rozvoje SR (MDVRR SR). Budeme-li se tedy bavit o požadavku na teplotu základní směsi, je zde uvedeno, že čerstvý beton dodaný na stavbu do stříkacího zařízení musí být v rozmezí teplot od 10 °C do 32 °C, ale doporučená teplota je minimálně 15 °C. Teplota základní směsi podle EN 14487-1 je pouze 5 °C až 30 °C. [22]

Z prováděného experimentu této práce je patrné, že pokud bude mít teplota betonu před nástřikem pod 15 °C, je velmi obtížné dosáhnout třídy rané pevnosti J2 u betonu navrženého pro tuto třídu. Budeme muset znatelně zvýšit množství urychlující přísady, což vede zpravidla k nižším koncovým pevnostem stříkaného betonu.

2.1 Požadavky stříkaného betonu podle účelů použití

Různé typy stříkaného betonu zohledňují účel použití stříkaného betonu i jeho úlohu v konstrukci. Proto jsou rozdílné i požadavky na ranou pevnost, homogenitu, hutnost stříkaného betonu apod.

Stříkaný beton podle účelů použití můžeme rozdělit na: [2]

- Stříkaný beton bez konstrukční funkce – používá se především jako výplňový nebo vyrovnávací materiál, např. jako vyrovnávací vrstva pod fóliovou izolaci. Zpravidla se udávají pouze minimální požadavky na vlastnosti tohoto typu stříkaného betonu.
- Stříkaný beton s konstrukční funkcí – používá se převážně pro primární ostění podzemních staveb ražených pomocí NRTM (obr. 3). U tohoto typu je nutné určit požadavky na nárůst raných pevností mladého stříkaného betonu, zpravidla ve třídách J2 a J3. Návrh tohoto typu stříkaného betonu klade velký důraz na co nejhutnější strukturu stříkaného betonu.
- Stříkaný beton se zvláštní konstrukční funkcí – tento typ se používá tam, kde má stříkaný beton trvalou statickou funkci. Například v případě sekundárního ostění

ze stříkaného betonu nebo v případě jednovrstevného ostění. Požadavky na pevnost je tedy nutné přizpůsobit dlouhodobému průběhu zatěžování. Z tohoto důvodu se tento typ stříkaného betonu často navrhuje s vyztužením ocelovými nebo polypropylenovými makro vlákny. Nutnost je i použití bezalkalického urychlovače tuhnutí.



Obr. 3 Primární ostění tunelu raženého NRTM [autor]

2.2 Třídy rané pevnosti stříkaného betonu

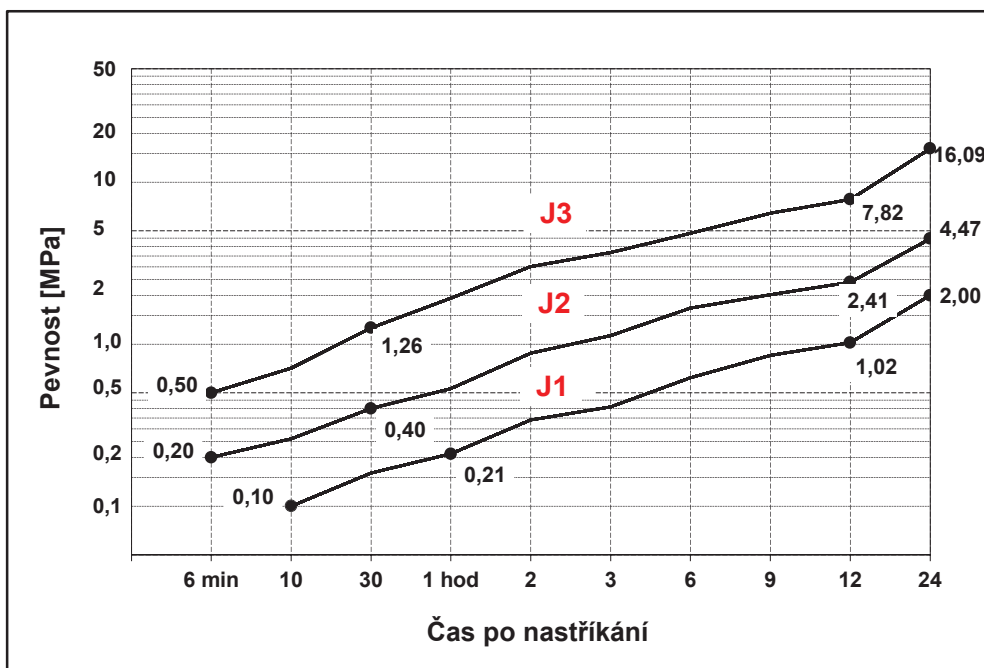
Mladý stříkaný beton je stříkaný beton do stáří 24 hodin po aplikaci. Z hlediska pevností a požadavku na pevnost dělíme mladý stříkaný beton do tříd rané pevnosti J1, J2 a J3 (tab. 3, graf 1). Nárůst pevností v prvních minutách po aplikaci má významný vliv na množství spadu a přidržnosti k podkladu. Pokud je nárůst pevností příliš pomalý, musí se během nanášení jednotlivých vrstev dělat větší technologické přestávky, jinak hrozí nebezpečí spadu nastříkané vrstvy. Pokud je naopak nárůst pevnosti příliš rychlý, beton nanesený v první vrstvě rychle ztuhne a při nástřiku další vrstvy dochází k nedokonalé přidržnosti další vrstvy. Opět hrozí nebezpečí spadu nastříkané vrstvy. [2]

Nárůst pevností v prvních minutách po aplikaci ovlivňuje zejména dávka urychlující přísady, ale mimo jiné i její teplota a teplota stříkaného betonu před nástřikem. Teplota urychlující přísady při aplikaci se doporučuje mezi 15 a 30 °C.

Tab. 3: Předepsané pevnosti v tlaku mladého stříkaného betonu (MPa) [19]

	6 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	3 hodiny	6 hodin	9 hodin	12 hodin	24 hodin
J1		0,10	0,16	0,21	0,34	0,41	0,62	0,85	1,02	2,00
J2	0,20	0,26	0,40	0,53	0,88	1,13	1,67	2,02	2,41	4,47
J3	0,50	0,71	1,26	1,92	3,01	3,67	4,82	6,42	7,82	16,09

Graf 1: Průběh nárůstu pevnosti v tlaku mladého stříkaného betonu [19]



Stříkaný beton třídy rané pevnosti J1 je vhodný pro aplikaci v tenkých vrstvách na suchý podklad bez zvláštních statických požadavků ihned po aplikaci. Převážně se používá na stabilizaci svahů apod. Třída rané pevnosti J2 je charakteristická pro stříkaný beton používaný tam, kde je nanášen co nejrychleji v silných vrstvách, a to i nad hlavu. Je základem pro ražby tunelů pomocí NRTM. Stříkaný beton třídy rané pevnosti J3 nachází své uplatnění v ojedinělých případech, např. ve špatných geologických podmínkách nebo pokud je v oblasti aplikace silný přítok podzemní vody apod. U stříkaného betonu třídy J3 se setkáváme se zvýšenou prašností a spadem.

2.3 Třídy pevnosti stříkaného betonu

Třídy pevnosti stříkaného betonu určuje stejně jako u monolitického betonu evropská norma ČSN EN 206 (tab. 4). Pro ražby NRTM je stříkaný beton zpravidla specifikován pevnostní třídou od C 20/25 do C 30/37.

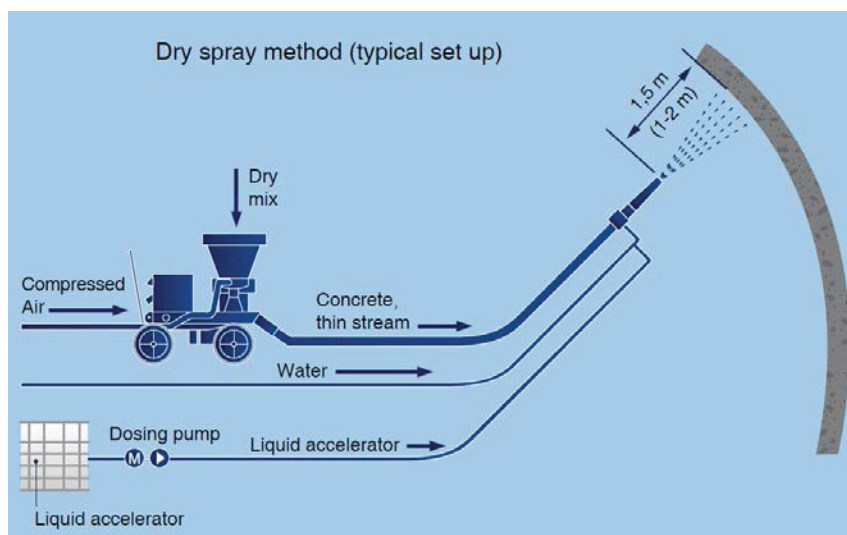
Tab. 4: Pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206 [9]

Obyčejný a těžký beton		
Třída pevnosti	$f_{Ck,cyl}$ [MPa]	$f_{Ck,cube}$ [MPa]
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

3 Technologie nástřiku suchou cestou

Technologie nástřiku suchou cestou je starší z obou technologií. U technologie nástřiku suchou cestou se přidává voda nutná pro hydrataci přímo do trysky stříkacího stroje. Velmi často je součástí vody i urychlující přísada. Suchá směs je dopravována hadicemi pomocí stlačeného vzduchu k trysce stříkacího stroje. Schéma nástřiku suchou cestou je znázorněno na obrázku (obr. 4). Důležitým aspektem suché směsi je vlastní vlhkost kameniva. Jestliže je směs příliš suchá, vzniká při aplikaci příliš mnoho prachu. Je-li vlastní vlhkost příliš vysoká, může to vést k problémům. Průchodnost betonu se velmi snižuje a dochází k ucpání stroje. Vlastní vlhkost směsi by se měla pohybovat mezi 3 až 6 %. [4]

Urychlovače můžeme použít v práškové nebo tekuté formě. Práškový přidáváme při sypání směsi do stříkacího stroje. Pro přesné dávkování jsou dnes používány výhradně urychlovače v tekuté formě. Tekuté urychlovače mají ve srovnání s práškovými další přednosti. Přidávají se až u trysky, což zabraňuje k tzv. bleskovému tuhnutí a případnému ucpávání stroje. Díky přesnějšímu dávkování lze přidávat tekutý urychlovač úsporněji, což vede k vyšší konečné pevnosti a v neposlední radě i k značným ekonomickým úsporám.



Obr. 4: Schéma aplikace suchou cestou [Atlas Copco]

Výhody nástřiku suchou cestou:

- Lze aplikovat v kratších časových úsecích poměrně silnou vrstvu, běžně 15 až 20 cm, u lokálních nadvýlomů i více.
- Maximální vodorovná dopravní vzdálenost je až 300 m.

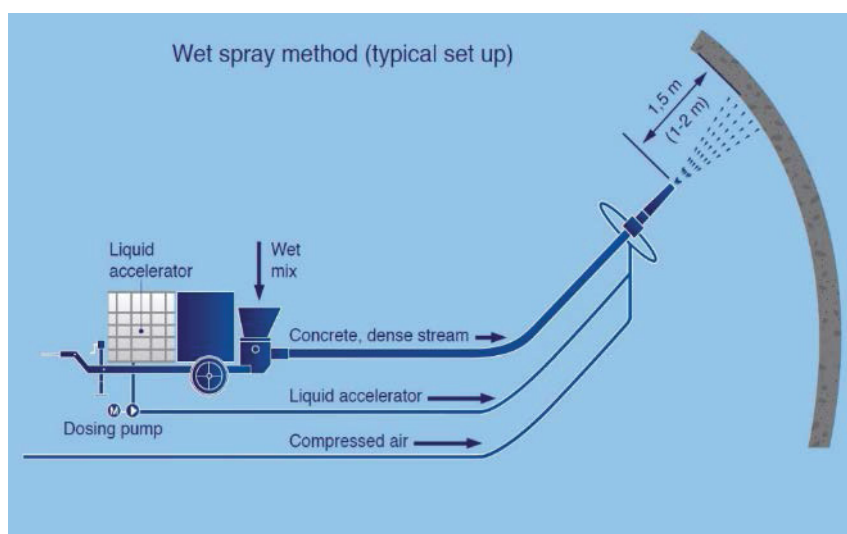
- Snižují se také nároky na čištění stříkacího stroje a dopravní cesty.

Nevýhody nástřiku suchou cestou:

- Nelze ve srovnání s technologií mokrou cestou, přesně předem určit hodnotu vodního součinitele. Množství vody je totiž určováno obsluhou stříkacího stroje.
- U příliš malé dávky vody vzniká nadměrná prašnost, je-li dávka naopak příliš vysoká, nedrží stříkaný beton na povrchu, ale stéká.
- V důsledku velké výtokové rychlosti z trysky a tím nedokonalého provlhčení záměsovou vodou poměrně větší odraz a spad materiálu. Spad může být až 35 % kameniva. [4]
- Nižší výkony nástřiku než u technologie mokrou cestou.

4 Technologie nástřiku mokrou cestou

Při technologii nástřiku mokrou cestou je beton před nástřikem, již s obsahem potřebné vody k hydrataci, vyráběn na betonárně a následně dopraven v autodomíchávacích na stavbu. Zde je sypan do stříkacího stroje, kde prochází dopravními hadicemi k stříkací trysce. Ve stříkací trysce je před samotnou aplikací přidán urychlovač tuhnutí. Schéma nástřiku mokrou cestou je znázorněno na obrázku (obr. 5). Silně narůstající používání stříkaného betonu během posledních 15 až 20 let kladlo na tuto metodu vysoké požadavky, což ovlivnilo její intenzivní vývoj. V rámci této diplomové práce bude tato metoda popsána podrobněji.



Obr. 5: Schéma nástřiku mokrou cestou [Atlas Copco]

Výhody nástřiku mokrou cestou:

- Téměř žádná prašnost a snížení spadu až o 25 %, což má velký vliv na hospodárnost.
- Denní průměrný výkon u dlouhodobějších pracích je u této technologie obvykle 4 až 5krát vyšší než u technologie nástřiku suchou cestou. [4]
- Lze přesně řídit vodní součinitel.
- Díky míchání na betonárně je zajištěna lepší homogenita betonu.
- Přesné dávkování urychlující přísady.

Nevýhody nástřiku mokrou cestou:

- Nižší výstupní rychlost z trysky, má za následek nižší zhutňovací účinek a tím je nižší i konečná pevnost.

- V jedné vrstvě není možné nanášet více než 5 cm tloušťky. Silnější vrstvy je proto nutné stříkat na několikrát a s časovým odstupem.
- Mezi mícháním a ukládáním betonu je pouze omezený čas. Při delším přerušení prací se musí celý stříkací stroj vyprázdnit a vyčistit.



Obr. 6: Stříkací stroj MEYCO Potenza pro technologii nástřiku mokrou cestou [autor]

4.1 Složky betonu pro nástřik mokrou cestou

4.1.1 Cement

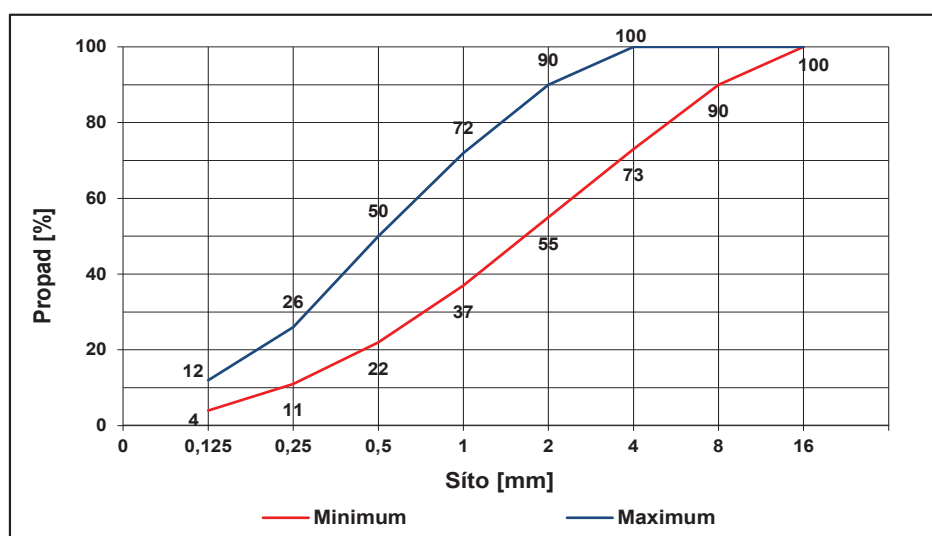
Cement slouží ve stříkaném betonu jako pojivo. Množství a typ cementu ovlivňuje především pevnost a trvanlivost stříkaného betonu. V České republice a na Slovensku jsou nejčastěji používané portlandské cementy pevnostní třídy 42,5 v souladu s evropskou normou EN 197-1.[8] Vzájemné spolupůsobení cementu a urychlující přísady se předem ověřuje pomocí laboratorních zkoušek. Pro tento účel se používá zkouška tuhnutí pomocí Vicatova přístroje. Množství cementu ve stříkaném betonu je obvykle voleno mezi 400 a 450 kg.m⁻³ pro třídu rané pevnosti J2 a 500 kg.m⁻³ pro třídu rané pevnosti J3. [2]

4.1.2 Kamenivo

Maximální velikost kameniva pro stříkaný beton je 8 mm. Kvalita kameniva je velmi důležitá, obzvláště výkyvy v rozdělení velikosti zrn se musí udržovat na minimální úrovni.

Podstatný význam má obsah a vlastnosti drobného kameniva. Vzhledem k tomu, že se normálně používá kamenivo s výskytem v oblasti stavby, je nutné recepturu přizpůsobit těmto podmínkám. Ne každé drobné kamenivo má potřebný podíl zrn pod sítím 0,25 mm, proto se doporučuje kombinovat vzájemně více frakcí, např. 0-1, 0-4 a 4-8 mm. Pokud je to možné, přizpůsobíme navzájem podmínky tak, aby se křivka zrnitosti pohybovala v pásmu ideálním pro stříkaný beton (graf 2).

Graf 2: Ideální pásmo křivky zrnitosti pro stříkaný beton [1]



Neméně důležité je dodržet podíl maximálního 8 mm, který by neměl přesáhnout 10 %. Nedodržení tohoto podílu může vést k ucpaní trysky, a čištění může být časově velmi náročné. Doporučené podíly jednotlivých zrn jsou uvedeny v tabulce (tab. 5). [1]

Tab. 5: Doporučené podíly jednotlivých zrn [1]

Síto [mm]	Min %	Max %
0,125	4	12
0,25	11	26
0,5	22	50
1	37	72
2	55	90
4	73	100
8	90	100
16	100	100

4.1.3 Voda

Poměr vody a cementu (vodní součinitel) je jedním z nejdůležitějších faktorů konečné kvality stříkaného betonu. V případě vysokého obsahu vody nedrží nastříkaný beton na svislém nebo převislém podkladu a stéká dolů. V případě správného dávkování kolísá vodní součinitel jen velmi málo a drží se pod hranicí 0,5. Při návrhu stříkaného betonu korigujeme množství vody plastifikační přísadou. Záměsová voda musí splňovat určité požadavky. Vhodnost záměsové vody je prokázána, pokud vyhoví prEN 1008:1997. [9]

4.1.4 Příměsi

Použití příměsí zlepšujeme hlavně fyzikální vlastnosti stříkaného betonu. Nejznámějším příkladem dnes používané příměsi je mikrosilika. Jedná se o jemnou látku s velkou plochou povrchu od 20 do 35 m²/g a podílem SiO₂ mezi 65 až 97 % hmotnosti, podle kvality výrobku. Mikrosilika zlepšuje především hutnost a pevnost v tlaku. Dále zlepšuje lepivost a soudržnost, a proto může být aplikován stříkaný beton ve větších vrstvách najednou bez přidávání urychlující přísady. Mikrosilika může být dávkována jako suspenze nebo v podobě prášku. Dávkování se pohybuje od 2 do 8 % hmotnosti cementu. [4]

Mimo mikrosiliky je možné využít i poléťavý popílek a někdy je používána i vysokopecní jemně mletá struska. V oblasti podzemního stavitelství při ražbách tunelů je zakázáno použití jemně mletých vápenců.

4.1.5 Přísady

Pro výrobu základní směsi stříkaného betonu jsou používány vodoredukující přísady. Dnes jsou nejčastěji používané vodoredukující přísady na bázi polykarboxylátů. Mají vysokou vodoredukující schopnost bez vedlejších účinků. Mohou být ovšem speciálně modifikovány právě pro použití do stříkaného betonu. Vývoj vodoredukující přísady pro stříkaný beton je mimo jiné zaměřen na spolupůsobení s urychlující přísadou, čímž dosáhneme lepšího nárůstu raných pevností stříkaného betonu při použití nízké dávky urychlující přísady. Pokud víme, že budeme beton zpracovávat po delší době od namíchání, používáme navíc přísady zastavující

hydrataci cementu, zpomalovače. Tyto přísady dokáží značně zlepšit zpracovatelnost. Zlepšená zpracovatelnost zvyšuje kvalitu čerpání. Další nezbytnou přísadou je přísada urychlující tuhnutí a tvrdnutí betonu, urychlovače. Podrobnější popis těchto přísad je v následující kapitole.

Všechny používané přísady musí být v souladu s normou ČSN EN 934 – 2. [11]

4.2 Urychlovače tuhnutí

Urychlovače tuhnutí jsou dnes pro výrobu stříkaného betonu nepostradatelné. Při ražbách tunelů NRTM obzvláště. S použitím urychlovačů tuhnutí se umožňuje aplikovat stříkaný beton na vertikální plochy a nad hlavu. Urychlovač je přidáván do stříkaného betonu u trysky. Účinek je, že se konzistence betonu při vlastní aplikaci převede z tekutého stavu do stavu zemité vlhkosti ještě v době, kdy se stříkaný beton nachází ve vzduchu. Tento pokles konzistence se odehrává během vteřin. [4]

Tyto přísady zkracují dobu tuhnutí a tvrdnutí. Stříkaný beton rychleji tuhne a dosahuje vyšších počátečních pevností. Právě v podzemním stavitelství je počáteční pevnost stříkaného betonu rozhodující a je základním požadavkem pro bezpečnou ražbu. Pro dosažení vysoké kvality stříkaného betonu se musí urychlovač přidávat rovnoměrně a v malých dávkách. Jak je z technologie betonu známo, vede urychlení hydratace cementu nepochybně k nižším pevnostem v tlaku po 28 dnech.[2] V různých průzkumech bylo dokázáno snížení konečné pevnosti až o 35 % v porovnání s betonem bez urychlovače. Urychlovače máme v práškové nebo tekuté formě. Dnes se používají převážně urychlovače v tekuté formě. Podle jejich alkality rozdělujeme urychlovače na alkalické a bezalkalické. Oba typy ovlivňují v hydrataci cementu C_3A a C_3S - slinkové minerály. Hlavní složkou urychlovačů jsou zpravidla chlorid vápenatý, uhličitany, silikáty, hlinitany, hydroxidy alkalických kovů a organické látky. [5]

4.2.1 Rozdíly mezi alkalickými a bezalkalickými urychlovači

Otázky bezpečnosti, pracovních podmínek a vlivu urychlovačů tuhnutí na životní prostředí vyvolávaly ve stavebnictví stále více diskuzí ohledně agresivity alkalických

urychlovačů. Byly proto vyvinuty bezalkalické a nedráždivé produkty, které umožňují bezpečné, kvalitativně vysoké a současně finančně příznivé technologie stříkaného betonu. Jejich používáním se snižuje možné riziko alkalického rozpínání kameniva a zlepšili se výrazně také pracovní podmínky. Z výše uvedených důvodů se s použitím alkalického urychlovače téměř nesetkáme.

Tab. 6: Srovnání vlastností alkalických a bezalkalických urychlovačů [5]

Parametr	Nealkalický urychlovač	Alkalický urychlovač
Pracovní prostředí	méně prašné	velmi prašné, riziko chemických popálenin kůže
Technologické vlastnosti	menší odraz při stříkání, zvýšená pevnost, vodě nepropustné	velký odraz při stříkání, extrémně rychlé tvrdnutí, větší porosita, redukce dlouhodobé pevnosti
Průměrný alkalický obsah	< 0,2 %	< 25 %
pH přísady	4-6	11-13

4.3 Výroba stříkaného betonu a doprava na staveniště

Výroba základní směsi stříkaného betonu pro technologii nástřiku mokrou cestou by neměla představovat pro zkušené výrobce betonu nějaký problém. Základní směs se připravuje na betonárnách standartním způsobem jako každý jiný transportbeton. Kritická může být však dopravní vzdálenost na staveniště, hlavně v čase dopravní špičky. Návrh receptury stříkaného betonu proto uvažuje s dobou zpracovatelnosti minimálně 120 minut. Pro tyto účely se dnes používají přísady pro řízení hydratace cementu. Postup míchání jednotlivých složek betonu je popsán v kapitole 6.4 „Výroba betonu na betonárně“. Beton je následně dopravován na staveniště pomocí autodomíchávačů.

4.4 Ukládání stříkaného betonu

Stříkaný beton dopravený na staveniště se plní do čerpadla a tlakem se dopravuje hadicí k trysce. U trysky na konci hadice je přiváděn vzduch. Množství a tlak vzduchu je důležitý pro dobré zhutnění a přilnavosti stříkaného betonu k podkladu. Množství vzduchu musí být

od 7 do 15 m³/min při tlaku 7 barů, podle toho, zda je proveden nástřik manuálně nebo stříkacím strojem, (obr. 7). Při používání stříkacích strojů stoupá potřeba vzduchu až na 15 m³/min. Kromě vzduchu přidáváme u trysky také urychlovač tuhnutí. [4]



Obr. 7: Stříkací stroj MEYCO Potenza při ukládání stříkaného betonu [autor]

4.5 Faktory ovlivňující parametry stříkaného betonu

Mohlo by se zdát, že takovou recepturu stříkaného betonu lze jednoduše připravit v laboratoři, vyzkoušet laboratorně její vlastnosti a pak ji okamžitě nasadit do provozu. Tady je právě velký rozdíl oproti běžnému betonu ukládaného monoliticky do připraveného bednění. Zkoušení právě základní charakteristiky stříkaného betonu, totiž počátečních pevností, má jedno zásadní úskalí – nelze provádět laboratorně. Důvodem je okamžitý účinek urychlovače. Existují samozřejmě metody zkoušení počátečních pevností na cementových pastách a maltách. Výsledky těchto zkoušek však jen naznačí, jak by beton mohl fungovat v praxi, ale rozhodně nejsou vše určující. Při praktickém použití stříkaného betonu je nutno brát v potaz mnoho dalších vlivů, které požadované parametry stříkaného betonu ovlivňují.[6] Jsou to především:

- Použité kamenivo
- Typ a dávkování vodoredukující přísady
- Množství a druh použitého cementu
- Vodní součinitel
- Doby zpracovatelnosti

- Stříkací stroj použitý na aplikaci stříkaného betonu
- Zkušenosti obsluhy stříkacího stroje
- Geologické podmínky
- Rychlost a způsob aplikace stříkaného betonu
- Typ a množství urychlující přísady
- Teplota betonu, urychlovače a prostředí

A právě teploty jsou jedním ze základních parametrů, které jsou mnohdy při používání stříkaného betonu podceňovány. Vliv teploty betonu a urychlovače na vývoj raných pevností mladého stříkaného betonu je předmětem zkoumání této práce.

5 Metody zkoušení

Pro zkušební metody platí běžně používané postupy dle norem. Níže jsou popsány pouze vybrané zkušební metody, uplatněny v rámci této práce.

5.1 Zkouška reaktivity cementu a urychlovače

Před návrhem složení stříkaného betonu se provádí vždy zkouška reaktivity. Jedná se o laboratorní zkoušku reakce cementu a urychlující přísady. Pro tyto účely lze použít metodu na cementovém tmelu dle EN 196-3 (cement, voda, ztekucovač, urychlovač) nebo metodu na maltě dle EN 196-1 (cement, voda, ztekucovač, normový písek, urychlovač). Při těchto metodách je z časového důvodu potřebná určitá praxe. V této práci byla použita metoda na maltě. Zkouška je prováděna následujícím způsobem.

Zkouška tuhnutí na maltě (dle EN 196-1) [1]

Vybavení: Hobart mísidlo, manuální Vicatův přístroj, maltové trámečky (obr. 8)

Postup zkoušky:

1. vložit do míchače vodu podle w/c (většinou w/c = 0,45), 2 – 6 g ztekucovače, 450 g cementu ($20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) a míchat 30 sekund
2. přidat 1350 g normového písku a míchat 30 sekund
3. 30 sekund míchat střední rychlostí
4. 90 sekund nechat odležet
5. ještě jednou zamíchat 30 sekund
6. změřit rozlití malty (EN 196-1), rozlití $19 \pm 1\text{ cm}$, pokud je třeba, přidat vodu
7. přidat 3 až 10 % urychlovače a max. 15 sekund míchat (střední rychlostí)
8. okamžitě po namíchání naplnit prstenec, připravit vzorky
9. trámečky naplnit na vibrátoru, zabránit špatnému zhutnění
10. prstenec položit pod Vicatův přístroj
11. stanovit počátek tuhnutí – jehla se má zastavit cca 1 – 2 mm ode dna
12. stanovit konec tuhnutí – jehla se nesmí zabořit do cementové malty
13. stanovit pevnost po 6 a 24 hodinách



Obr. 8: Vybavení pro zkoušku tuhnutí na maltě dle EN 196-1 [autor]

Vyhodnocení výsledku je znázorněno v následující tabulce (tab. 7).

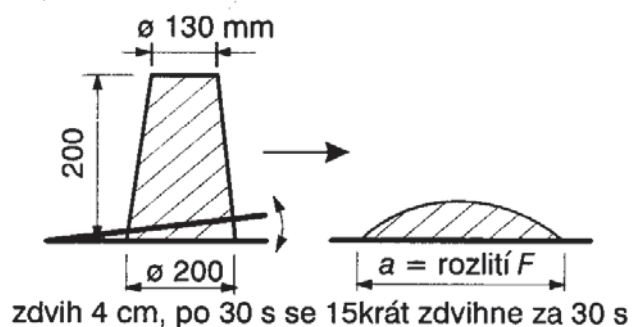
Tab. 7: Vyhodnocení výsledku zkoušky tuhnutí na maltě dle EN 196-1 [1]

Počátek tuhnutí	< 2 min.	2 - 5 min.	> 5 min.
Konec tuhnutí	< 6 min.	8 - 13 min.	> 13 min.
6 hod pevnost	> 3 MPa	1 - 3 MPa	< 1 MPa
24 hodin pevnost	> 15 MPa	10 - 15 MPa	< 10 MPa
vyhodnocení	dobré	akceptovatelné	neakceptovatelné

5.2 Zkoušení základní směsi stříkaného betonu

5.2.1 Zkouška konzistence rozlítím

Provádí se podle ČSN EN 12350-5.[12] Vhodná pro betony měkké až tekuté. Princip spočívá ve stanovení míry rozlití betonu po střásání na tzv. střásací stolek. Forma komolého kužele postavena na střásací stolek (obr. 9) se naplní postupně ve dvou vrstvách čerstvým betonem a každá vrstva se zarovná desetinásobným dusáním předepsaným dusadlem. Po sejmutí formy se deska stolku 15krát zvedne do jeho horní polohy a nechá se volným pádem spadnout. Poté se změří rozměr rozlitého betonu ve dvou na sebe kolmých směrech a určí se průměr zaokrouhlený na 10 mm (obr. 10). Výsledkem je stupeň konzistence F1 až F7. Konzistence stříkaných betonů se pohybuje zpravidla ve stupni konzistence F4 (490 až 550 mm) nebo F5 (560 až 620 mm).



Obr. 9: Zkouška rozlitím [2]



Obr. 10: Zkouška rozlitím – vyhodnocení stupně konzistence [autor]

5.2.2 Objemová hmotnost čerstvého betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-6.[13] Do kovové, dostatečně tuhé, vodotěsné nádoby o objemu větší než 5 litrů se naplní nejméně ve dvou vrstvách čerstvý beton, který se po každé vrstvě vhodným způsobem dostatečně zhutní. Po zhutnění se povrch zarovná s okrajem nádoby. Běžně se používá nádoba o objemu 8 litrů (obr. 11), která je součástí přístroje na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu.

Objemovou hmotnost čerstvého betonu D vypočteme z následujícího vztahu a zaokrouhlíme na nejbližších 10 kg/m^3 .

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (1)$$

kde m_1 je hmotnost prázdné nádoby [kg], m_2 hmotnost naplněné nádoby po ztuhnutí [kg] a V objem nádoby v $[\text{m}^3]$. [13]

5.2.3 Obsah vzduchu tlakovou metodou

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-7.[14] Norma uvádí metodu vodního sloupce a metodu tlakoměrnou. Běžněji je používána tlakoměrná metoda. Funguje na principu snížení tlaku vzduchu v přetlakové komoře, která byla předem natlakovaná, a uvolněnému tlaku byl vystaven povrch betonu. Nádoba se naplní čerstvým betonem, který se vhodným způsobem dostatečně ztuhne. Po uzavření nádoby víkem vyplníme volný prostor vodou a po natlakování otevřeme hlavní vzduchový ventil. Výslednou hodnotu obsahu vzduchu odečteme z manometru a vyjádříme ji v procentech zaokrouhlených na nejbližších 0,1 %.



Obr. 11: Přístroj na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu [autor]

Zkouška obsahu vzduchu není pro stříkaný beton normou požadována. Cílem ovšem je navrhnout beton tak, aby byl dobře čerpatelný a dostatečně stabilní v čerstvém stavu. Pro tento účel lze použít vodoredukující přísadu, která dokáže bez použití další, přísady vnést do betonu cca 4 až 5 % vzduchu. Zkouškou obsahu vzduchu provedeme ověření, zda bylo tohoto záměru dosaženo.

5.2.4 Obsah vody odparem

Pro zjištění skutečného vodního součinitele používáme metodu měření odparem. Metoda je založena na odpaření veškeré vody obsažené v betonu, včetně vody obsažené v kamenivu. Nejedná se přímo o normovou metodu a výsledek lze dosáhnout několika způsoby. Jako nejvhodnější se ukázal způsob odpaření vody pomocí plynového vaříče (obr. 12).

Předem zvážený zkušební plech se naplní čerstvým betonem o hmotnosti cca 5 kg. Poté se vzorek zahřívá a odpařuje se z něj voda. V první fázi je velmi důležité beton stále promíchávat, aby nedošlo ke spečení vzorku. Zkoušený vzorek sušíme do ustálení hmotnosti.



Obr. 12: Obsah vody odparem [autor]

Vodní součinitel vypočteme z následujícího vztahu a zaokrouhlíme na nejbližších 0,01.

$$w/c = \left(\frac{\frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot D - W_A}{m_c} \right) [-] \quad (2)$$

kde m_1 je hmotnost betonu před vysušením [kg], m_2 hmotnost betonu po vysušení [kg], m_c hmotnost cementu [kg/m³], D objemová hmotnost čerstvého betonu podle (1) [kg/m³] a W_A množství vody nasáklé v kamenivu [kg].

5.2.5 Zhotovení zkušebních těles

Tvar a rozměry těles specifikuje norma ČSN EN 12390-1.[15] Výroba a ošetřování zkušebních těles jsou podle normy ČSN EN 12390-2.[16] Čerstvý beton plníme do forem z vodotěsného a nenasákavého materiálu. Tvar zkušebních těles volíme zpravidla podle povahy požadované zkoušky ztvrdlého betonu. Pro účely této práce byly zhotoveny tělesa ve tvaru krychle o hraně 150 mm.

Na vnitřní stranu formy nanese v tenké vrstvě vhodný separační prostředek, který zabrání přilnutí betonu s formou. Formy plníme minimálně ve dvou vrstvách, kdy po každé vrstvě čerstvý beton vhodným způsobem zhutníme. Přebytečný beton nad horním okrajem formy odstraníme a povrch urovnáme. Zkušební tělesa řádně označíme pro jejich pozdější identifikaci. Zkušební tělesa necháváme ve formě nejméně po dobu 16 hodin, ne však déle než 3 dny. Po doformování je nutné ošetřovat zkušební tělesa až do doby těsně před zkoušením, a to ve vodě o teplotě $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ nebo v místnosti o teplotě $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $\geq 95\%$. [15]

5.2.6 Zkouška pevnosti v tlaku

Zkouška pevnosti v tlaku je podle normy ČSN EN 12390-3.[17] Tělesa jsou zatěžována konstantním tlakem ve zkušebním lisu až do jejich porušení. Maximální zatížení při rozdrčení tělesa se zaznamená a pevnost betonu v tlaku f_c se vypočte ze vztahu:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}] \quad (3)$$

kde F je maximální zatížení při porušení v [N] a A_c průřezová plocha zkušebního tělesa v [mm²], na kterou působí zatížení v tlaku. [17]

Zjištěnou pevnost v tlaku zaokrouhlíme na nejbližších 0,5 MPa.

5.3 Zkoušení stříkaného betonu

5.3.1 Odběr vzorků stříkaného betonu – zhotovení zkušební desky

Zkoušky vývoje pevnosti mladého stříkaného betonu zpravidla provádíme na zhotovených zkušebních deskách. Zhotovení zkušební desky upravuje norma ČSN EN 14488-1.[20] Pro tento účel používáme formy z nesavého materiálu, např. ocelového plechu nebo vodovzdorné překližky. Nejmenší rozměry forem jsou dány normou na 500 x 500 mm pro ruční nástřik a 1000 x 1000 mm pro strojní nástřik. Tloušťka nesmí být menší než 100 mm. V praxi se větší forma téměř nepoužívá kvůli svým rozměrům a hmotností. Naplněna betonem ve vrstvě 100 mm může forma vážit více než 250 kg.

Při nástřiku betonu do forem jsou formy, pokud není předepsáno jinak, nakloněny 20° od svislice (obr. 13). Beton musí být stříkán stejným zařízením, technikou a pracovníkem obsluhy. Tloušťky vrstvy i vzdálenost formy musí odpovídat stejným podmínkám jako při nástřiku na konstrukci. Deska je poté ošetřována stejným způsobem jako v konstrukci po dobu nejméně 7 dnů, pokud není stanoveno jinak. [20]



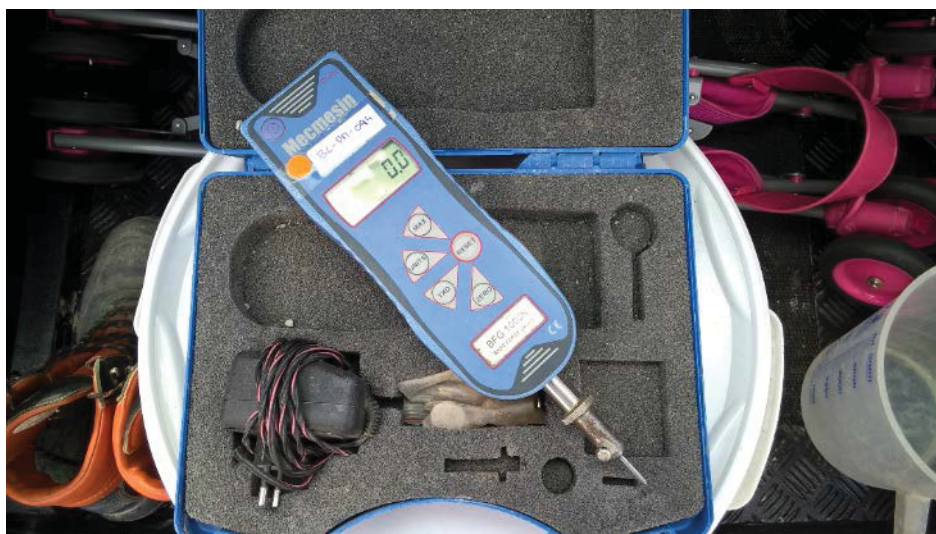
Obr. 13: Nástřik zkušební desky do formy [autor]

Z desky jsou zhotovována zkušební tělesa, která se z desky odvrtaří nebo vyříznou. Nesmí být přitom odebrána z nedokonalých zón. Nedokonalé zóny jsou po okrajích zkušební desky a šířka této zóny je stejná jako tloušťka zkušební desky. Z těchto důvodů je vhodná tloušťka zkušebních desek alespoň 150 mm.

5.3.2 Metoda A – Penetrační jehla

Zkoušku vývoje pevností mladého stříkaného betonu metodou A – penetrační jehlou upravuje norma ČSN EN 14488-2. [21]

Při zkoušení nárůstu pevnosti mladého stříkaného betonu penetrační jehlou se měří síla, která je potřebná pro zatlačení jehly o průměru $3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ s kuželovitou špičkou o úhlu $60 \pm 5^\circ$ do stříkaného betonu na hloubku $15 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Pro měření se používá penetrometr, který umožňuje stanovovat pevnost v tlaku od 0,2 do 1,2 MPa. Měření se provádí v časových intervalech 6, 10, 30 minut, 1, 2 a případně 3 hodiny po zastříkání. Penetrometr udává velikost odporu prostřednictvím stlačení kalibrované pružiny. V závislosti na velikosti odporu odvodíme informativní pevnost v tlaku pomocí certifikovaných kalibračních křivek dodávané výrobcem zkušebního zařízení. Dnes používanější variantou k měření odporu betonu proti vnikání jehly je digitální siloměr, kde se přímo na displeji přístroje zobrazuje vyvozená síla (obr. 14).



Obr. 14: Digitální siloměr Mecmesin BGF 1000 N [autor]

Penetrační jehlou můžeme stanovovat pevnost betonu přímo na konstrukci nebo na nastříkaných zkušebních deskách betonu (obr. 15). Zkouška se provádí na vrstvě stříkaného betonu o minimální tloušťce 100 mm. Před každou zkouškou je nutné zaznamenat místo a čas dokončení nástřiku a začátek zkoušení. V každém časovém intervalu dále zaznamenáme teplotu stříkaného betonu a provedeme deset měření, z nichž vypočteme průměr zaokrouhlený na 10 N. Již na základě vývoje hydratačního tepla lze určit, zda celý systém stříkaného betonu

funguje. Výhodou této metody je její rychlost a jednoduchost. Nevýhodou je potom vliv lidského faktoru, kterým může být hodnota pevnosti ovlivněna nedostatečným zatlačením jehly do zkoušeného vzorku. Většinou se tak děje při pevnostech nad 0,8 MPa.



Obr. 15: Zkouška vývoje pevností na zkušební desce [autor]

5.3.3 Metoda B – Zarážení hřebu

Zkoušku vývoje pevností mladého stříkaného betonu metodou B – zarážení hřebu upravuje, stejně jako metodu A norma ČSN EN 14488-2. [21]

Touto zkouškou měříme pevnost mladého stříkaného betonu zpravidla v rozmezí od 2,0 do 16 MPa, což odpovídá stáří mladého betonu od 2 do 24 hodin. Stejně jako metoda stanovení pevnosti penetrační jehlou, dovoluje i tato metoda měřit pevnost na libovolném místě bez předchozí přípravy. Princip zkoušky spočívá v zaražení hřebu předepsaných rozměrů do betonu pomocí tzv. vsazovacího zařízení, kdy se u každého hřebu stanoví hloubka zaražení do betonu, a pomocí vytahovacího zařízení síla potřebná k vytažení hřebu. Parametrem pro výpočet pevností stříkaného betonu v tlaku je poměr vytahovací síly ke hloubce zaražení hřebu. Pro účely této zkoušky je dnes nejpoužívanějším zařízením nastřelovací zařízení HILTI DX 450 (obr. 16). Jednotlivé hřeby jsou zaráženy do betonu

pomocí nábojek se střelným prachem. Jednotlivé zásobníky s nábojkami jsou od sebe barevně odlišeny podle obsahu střelného prachu. Podle rostoucí pevnosti stříkaného betonu volíme barvu nábojek. Výrobce udává ke každému druhu nábojek kalibrační křivku pro odečítání pevnosti betonu. V případě zkoušení vývoje pevnosti stříkaného betonu jsou nejčastěji používané nábojky zelené a žluté barvy.



Obr. 16: Vsazovací zařízení HILTI DX 450 s hřebíky a nábojkami [HILTI]

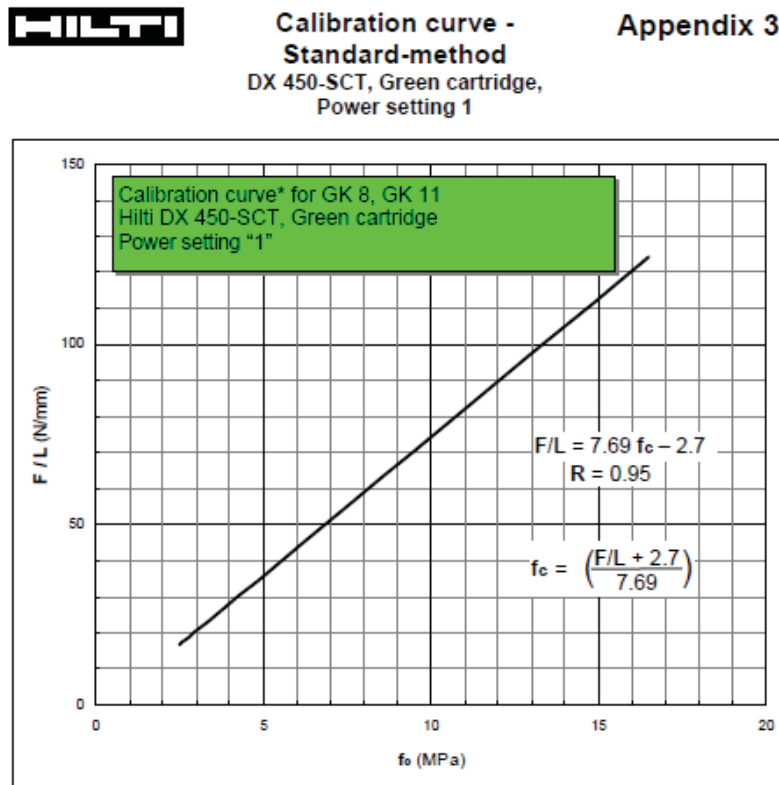
Před každou zkouškou zaznamenáme čas zkoušky a teplotu betonu. Nastřelovací zařízení přiložíme kolmo na zkoušený vzorek a nastřelíme hřeb. Hloubka průniku a vyčnívající část hřebu ovlivňuje nejen tvrdost betonu, ale také zvolená délka hřebu. Hřebíky se používají ve třech délkách, a to 60, 80 a 103 mm. Délku hřebu volíme tak, aby vyčnívající konec byl mezi 8 a 30 mm. Postupně zarazíme deset hřebů vzájemně vzdálené alespoň 80 mm. Změříme a zaznamenáme délky vyčnívajících konců hřebů. Pomocí vytahovacího zařízení (obr. 17), které je součástí HILTI DX 450, vytahujeme postupně všechny hřebíky v pořadí, v jakém byly zaraženy a zapsány jejich délky vyčnívajících konců. Z manometru odečítáme vytahovací síly jednotlivých hřebů a vše zaznamenáme do formuláře pro zkoušku.

Pozn.: Pro účely experimentu této práce bylo zaráženo z důvodu časové náročnosti pouze pět hřebů místo deseti.

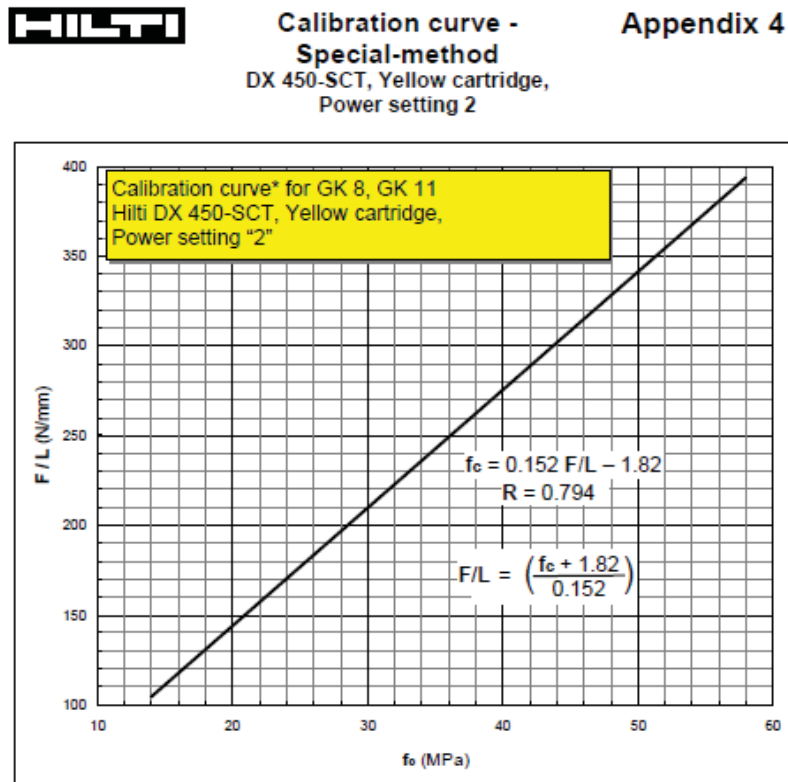


Obr. 17: Vytahovací zařízení HILTI HAT28 [HILTI]

Graf 3: Kalibrační křivka pro odečítání pevnosti betonu – zelená nábojka [HILTI]



Graf 4: Kalibrační křivka pro odečítání pevnosti betonu – žlutá nábojka [HILTI]



Za pomoci certifikované kalibrační křivky dodávané spolu se zařízením se vypočte průměrná korigovaná vytahovací síla ze všech deseti měření. Pevnost v tlaku se určí na základě průměrné hodnoty naměřené vytahovací síly a hloubky proniknutí hřebu. HITLI udává ke každému druhu nábojek kalibrační křivku pro odečítání pevnosti betonu (graf 3, 4).

5.3.4 Zkoušení pevnosti na jádrových vývrtech

Pevnost v tlaku na jádrových vývrtech stanovuje pevnost přímo, a ne pouze přibližně, jak tomu je v případě předešlých metod. Výhodou této zkoušky je tedy její přesnost. Uplatňuje se na již ztuhlém betonu s pevností nad 5 MPa. Pevnost v tlaku stříkaného betonu je klasifikována, stejně jako u běžných betonů, podle EN 206.

Pro tuto zkoušku se používají jádrové vývrty, nejčastěji o průměru 100 mm a výšce 100 mm (1:1). Vzorky se odvrťávají buď přímo z konstrukce, nebo ze zkušebních desek (obr. 18). Pro stanovení pevnosti v tlaku je potřeba 5 kusů odvrtných zkušebních těles. Těleso je zapotřebí upravit na požadovanou délku 100 mm, tzv. zakončováním (obr. 19).



Obr. 18: Jádrové vývrty stříkaného betonu ze zkušební desky [autor]



Obr. 19: Zakoncování vzorku [autor]

Vývrty následně skladujeme na vzduchu při teplotě $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 60 %, nebo ve vodním uložení při teplotě $20 \pm 2^\circ\text{C}$, a to až do doby těsně před samotnou zkouškou. Tělesa jsou zatěžována konstantním tlakem ve zkušebním lisu až do jejich porušení. Maximální zatížení při rozdrčení tělesa se zaznamená a pevnost betonu v tlaku f_c se vypočte podle vztahu (3).

Zjištěnou pevnost v tlaku zaokrouhlíme na nejbližších 0,5 MPa.

6 Popis a příprava experimentu

6.1 Cíl experimentu

Cílem experimentu je zjistit, jaký vliv má teplota základní směsi stříkaného betonu (SB) a urychlovače tuhnutí (AFA) na vývoj raných pevností mladého stříkaného betonu. Bylo sledováno pět situací, které mohou v běžné praxi nastat. Pro co největší objektivnost tohoto experimentu bylo nutné provádět zkoušky ve srovnatelných podmínkách a soustředit se pouze na teploty betonu a urychlující přísady. Použitý stříkaný beton byl vyráběn stále na stejné betonárně vždy se stejnou obsluhou. Doba od namíchání do zahájení potřebných zkoušek byla vždy 35 až 50 minut. Při zhotovení zkušebních desek obsluhoval stříkací stroj vždy stejný operátor. Byl sledován vodní součinitel, konzistence, obsah vzduchu a teplota prostředí. Zkoušení raných pevností prováděl vždy stejný pracovník.

Pro tyto účely byl použit stříkaný beton C 25/30 XC2, s maximálním zrnem kameniva D_{\max} 8 mm a předepsaným stupněm konzistence F5. Beton byl navržen pro třídu rané pevnosti J2.

6.1.1 Popis sledovaných situací

Bylo sledováno pět situací, které mohou v běžné praxi nastat.

- Situace 1 – optimální teplota betonu i AFA
- Situace 2 – optimální teplota betonu, nízká teplota AFA
- Situace 3 – nízká teplota betonu, optimální teplota AFA
- Situace 4 – nízká teplota betonu i AFA
- Situace 5 – vysoká teplota betonu i AFA

Konkrétní teploty prostředí, betonu a urychlovače jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 8). V každé situaci byly sledovány tři různé dávky urychlovače. Konkrétně 5, 6,5 a 8 % z hmotnosti cementu.

Tab. 8: Teploty u jednotlivých situací

Situace	Teplota prostředí při nástřiku [°C]	Teplota betonu [°C]	Teplota AFA [°C]
1	15,0	19,3	21,5
2	14,5	18,6	10,3
3	13,3	12,8	21,0
4	13,5	12,1	8,4
5	23,6	31,5	28,3

6.2 Použité materiály

Cement: CEM I 42,5 R Ladce (Považská cementárň a.s. Ladce)

Kamenivo:

- drobné těžené kamenivo frakce 0/1 Šaštín – Stráže
- drobné těžené předrcené kamenivo frakce 0/4 Bytča – Hrabové
- hrubé těžené předrcené kamenivo frakce 4/8 Bytča – Hrabové

Voda: pitná

Přísady:

- superplastifikační přísada MasterGlenium SKY 504
- bezalkalická přísada urychlující tuhnutí MasterRoc SA 183

6.2.1 Cement

Pro návrh složení stříkaného betonu byl použitý portlandský cement CEM I 42,5 R vyráběný v cementárně Ladce. Tento cement je vhodný především pro pevnostně náročné konstrukce. Z důvodu vyššího vývinu hydratačního tepla není vhodný pro velkoobjemové betonáže. Výroba probíhá v souladu s normou EN 197-1. Cement je dodáván na betonárnu volně ložený v autocisternách. Portlandský cement je vyráběn společným semletím portlandského slínku a přísad. Obsahuje 95 % slínku a 0 až 5 % doplňujících složek. Vlastnosti použitého cementu jsou uvedeny v příloze 1.

6.2.2 Kamenivo

Pískovna Šaštín – Stráže patří společnosti LB MINERALS SK, s.r.o., patřící do skupiny Lasselberger. Kamenivo frakce 0/1 pochází z písečných přesypů aluviálních naplavenin řeky Morava. Jedná se o křemičitý písek s obsahem SiO_2 95 až 98 %. Štěrkopískovna Bytča – Hrabové patří společnosti Českomoravský štěrk a.s. patřící do skupiny HEIDELBERGCEMENT Group. Ložisko je tvořeno vážskými štěrkopísky a převahou valounů granitoidních hornin. Po vytrídění je kamenivo předrcené na jednotlivé frakce. Kameniva z těchto lokalit splňují požadavky patřičných norem. Základní vlastnosti kameniva a jejich zrnitostní složení jsou uvedeny v příloze 2 a 3.

6.2.3 Voda

Voda je pitná, odebrána z vodovodního řádu.

6.2.4 Přísady

Pro návrh složení základní směsi stříkaného betonu byla použita superplastifikační přísada na bázi polykarboxyláteteru MasterGlenium SKY 504. Pro urychlení tuhnutí stříkaného betonu byl použitý tekutý bezalkalický urychlovač tuhnutí MasterRoc SA 183. Oba druhy použitých přísad jsou vyrobeny společností BASF. Specifikace jednotlivých přísad jsou uvedeny v technických listech (příloha 4 a 5).

6.3 Složení betonu

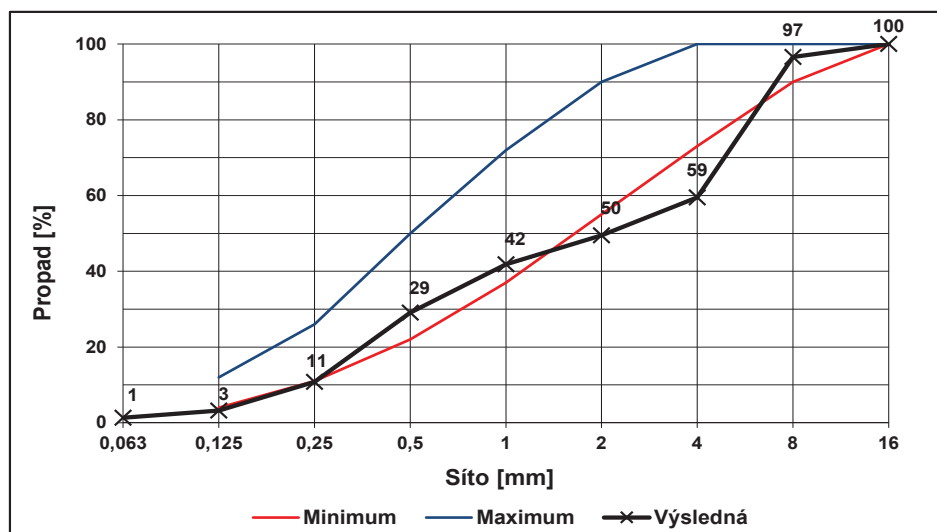
Před samotným návrhem složení betonu byla ověřena reaktivita cementu s urychlovačem tuhnutí na cementové maltě dle EN 196-1 (viz kap. 5.1). Zkouška prokázala vhodnost navržené kombinace cementu a urychlovače. Ověřované varianty a jejich výsledky jsou uvedeny v tabulce (tab. 9). Procentuální zastoupení jednotlivých frakcí kameniva bylo navrženo

na základě síťových rozborů poskytnutých výrobcem kameniva. Výsledná křivka zrnitosti navrženého stříkaného betonu je graficky znázorněna v grafu (graf 5).

Tab. 9: Vyhodnocení zkoušky reaktivity cementu a urychlovače

Vyhodnocení zkoušek: CEM I 42,5 R Ladce				
		zk. 1	zk. 2	zk. 3
w/c		0,45	0,45	0,45
Cement	[g]	450	450	450
Normový písek		1350	1350	1350
Voda		202,5	202,5	202,5
Ztekucovač 0,7 %		3,15	3,15	3,15
Rozlití	[mm]	210		
MasterRoc SA 193	[g]	5 %	7 %	9 %
		22,5	31,5	40,5
ZDT	[min]	4	2	1
KDT		13	11	4
Vyhodnocení		akcept.	akcept.	dobré
Pevnost v tlaku				
6 hodin	[MPa]	1,7	2,4	5,4
24 hodin		26,4	29,3	28,0
Požadavek na výsledek		dobré	akcept.	neakcept.
ZDT		< 2 min.	2 - 5 min.	> 5 min.
KDT		< 6 min.	8 - 13 min.	> 13 min.
6 hod. pevnost		> 3 MPa	1 - 3 MPa	< 1 MPa
24 hod. pevnost		> 15 MPa	10 - 15 MPa	< 10 MPa

Graf 5: Výsledná křivka kameniva navržené receptury (frakce 0-8)



Konečné složení stříkaného betonu (tab. 10) bylo navrženo na základě zkušeností a poznatků z praxe. Vlastnosti tohoto betonu byly následně ověřeny akreditovanou laboratoří a byla na něj zhotovena průkazní zkouška pro další použití v praxi.

Tab. 10: Složení základní směsi stříkaného betonu

Složení betonu			
třída betonu		C 25/30 XC2, Dmax 8, F5	
cement	Lokalita		kg/m ³
	Ladce I 42,5 R		430
kamenivo			
0/1	Šaštín	12 %	200
0/4	Bytča	50 %	810
4/8	Bytča	38 %	620
přísada			
	MG 504		3,3
voda			200
w/c			0,47
obj. hmotnost ČB			2263

7 Provedení a výsledky experimentu

Provedení a zkoušení v rámci experimentálního programu bylo prováděno převážně v terénu, přímo na stavbě. Použity byly kalibrované pomůcky a zařízení. Veškeré zkušební postupy byly v souladu s platnými normami, a jsou popsány v kapitole 5. Výsledky zkoušek jsou zpracovány formou tabulek namíchaných receptur a zkoušek a znázorňujících grafů závislosti.

7.1 Výroba stříkaného betonu

7.1.1 Dávkování složek

Výroba základní směsi stříkaného betonu a betonu všeobecně vypadá na první pohled jednoduše. Aby však bylo dosaženo požadované kvality, musí být přesně kalkulován poměr jednotlivých složek. K tomuto účelu slouží receptura. Podle navržené receptury zadané v operačním systému betonárny jsou na kalibrovaných vahách naváženy jednotlivé frakce kameniva, cement, voda a přísady. V určeném pořadí jsou tyto složky plněny do míchacího jádra. Celý proces probíhá zpravidla automaticky. Urychlovač tuhnutí je přidáván do základní směsi na trysce stříkacího stroje až při samotné aplikaci stříkaného betonu na stavbě.

7.1.2 Postup míchání základní směsi na betonárně

Míchání základní směsi stříkaného betonu probíhalo na betonárně TBG Doprastav v Žilině. Betonárna je vybavena míchacím centrem ELBA s typovým označením EMA 85. Objem míchacího jádra je $1,67 \text{ m}^3$. Pro každou sledovanou situaci bylo namícháno 8 m^3 navrženého stříkaného betonu rozdělených do pěti záměsí po $1,6 \text{ m}^3$. Po zahájení míchání probíhalo navážení všech složek betonu. Jako první bylo do míchacího jádra nasypáno kamenivo. Po dobu 10 sekund probíhalo tzv. suché míchání. Poté byl přidán cement a 5 sekund po něm záměsová voda. S poslední třetinou záměsové vody byla přidána superplastifikační přísada. Po nadávkování všech složek probíhalo míchání po dobu 60 sekund. Tato doba byla dostatečná pro dokonalou homogenizaci všech složek stříkaného betonu. Čas začátku míchání

byl zaznamenán automaticky v operačním systému betonárny. Tento proces se opakoval podle počtu záměsí potřebných pro namíchání zadaného množství betonu. Buben autodomíchávače, do kterého byly jednotlivé záměsí sypány, byl řádně vyčištěn a bez zbytku vody. Došlo by k navýšení vodního součinitele betonu a tím ke zhoršení jeho vlastností. Na betonárně byla provedena vizuální kontrola a byla změřena teplota namíchaného betonu.

7.2 Výsledky zkoušení základní směsi stříkaného betonu

Pro každou sledovanou situaci byla u čerstvého betonu ověřena teplota a byly provedeny následující zkoušky: zkouška konzistence rozlitem, objemová hmotnost čerstvého betonu, obsah vzduchu tlakovou metodou a obsah vody odparem. Následovalo zhotovení třech zkušebních těles pro stanovení pevnosti v tlaku. Výsledné složení základní směsi, v závislosti na skutečném obsahu vzduchu a obsahu vody, a výsledky měření čerstvého betonu jsou uvedeny v tabulce (tab. 11). Výsledné pevnosti v tlaku po 28 dnech jsou uvedeny v tabulce a znázorněny v grafu (tab. 12, graf 6).

Tab. 11: Složení jednotlivých receptur a výsledky měření čerstvého betonu

Čerstvý beton - základní směs							
třída betonu			C 25/30 XC2, Dmax 8, F5				
			Sit. 1	Sit. 2	Sit. 3	Sit. 4	Sit. 5
	Lokalita		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
cement	Ladce I 42,5 R		427	427	439	435	428
kamenivo							
0/1	Šaštín	12 %	201	205	201	196	206
0/4	Bytča	50 %	804	805	808	820	801
4/8	Bytča	38 %	615	615	630	626	618
přísada							
	MG 504		3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
voda	(měřeno odparem)		196	198	205	195	199
w/c			0,46	0,47	0,47	0,45	0,47
teplota betonu	(po namíchání)	[°C]	20,1	19,8	13,9	12,6	30,6
konzistence rozlitém		[mm]	600	610	630	600	580
obj. hmotnost ČB		[kg/m ³]	2284	2288	2318	2293	2300
obsah vzduchu		[%]	5,0%	4,6%	3,0%	4,1%	4,6%

Zhodnocení provedených měření:

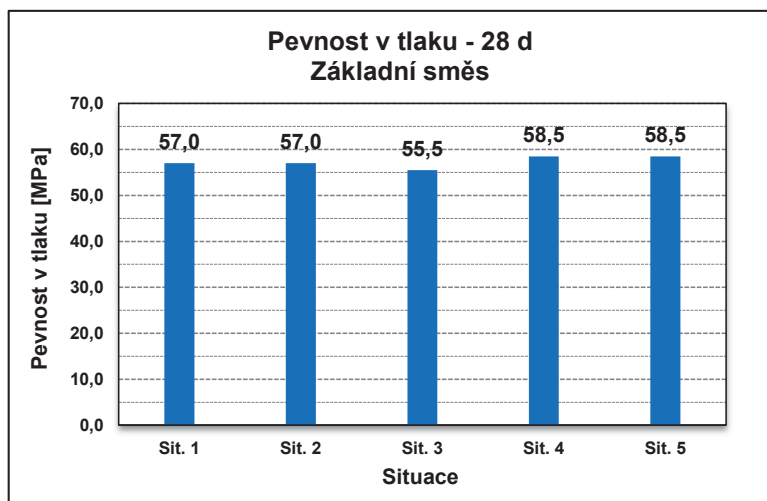
Z dosažených výsledků provedených zkoušek je patrné, že se povedlo vždy namíchat čerstvý beton velmi podobných vlastností. Měnila se pouze teplota čerstvého betonu, což bylo účelem pro následující zkoumání vývoje raných pevností mladého stříkaného betonu v různých teplotních podmínkách.

7.2.1 Pevnosti v tlaku po 28 dnech

Tab. 12: Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech – základní směs (bez AFA)

Situace	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]
Sit. 1	2330	56,9	57,0
	2320	58,3	
	2330	55,9	
Sit. 2	2310	55,6	57,0
	2320	57,9	
	2310	56,9	
Sit. 3	2320	54,3	55,5
	2320	57,9	
	2330	55,0	
Sit. 4	2320	56,7	58,5
	2340	59,3	
	2330	60,1	
Sit. 5	2320	59,3	58,5
	2320	57,1	
	2330	58,6	

Graf 6: Výsledné pevnosti v tlaku po 28 dnech – základní směs (bez AFA)



7.3 Výsledky zkoušení stříkaného betonu

Po provedení zkoušek základní směsi byly odebrány vzorky stříkaného betonu, byly zhotoveny zkušební desky. Stříkaný beton byl aplikován pomocí stříkacího stroje do zkušebních beden. Výkon stroje se při nástřiku desek pohyboval od 13 do 15 m³/hod. Pro každou sledovanou situaci bylo zhotoveno celkem šest zkušebních desek, pro tři různá množství urychlovače (5, 6,5 a 8 %). Z každé sady dvou desek sloužila jedna pro měření vývoje raných pevností mladého stříkaného betonu a druhá pro zhotovení jádrových vývrtu pro stanovení pevnosti v tlaku po 28 dnech. Vývoj raných pevností na zkušební desce byl měřen do třetí hodiny od nástřiku na místě nástřiku. Teplota prostředí se pohybovala od 13 do 15 °C, v situaci 5 byla teplota kolem 24 °C. Poté byly desky převezeny do zkušební laboratoře. Teplota prostředí v laboratoři byla vždy mezi 20 a 23 °C).

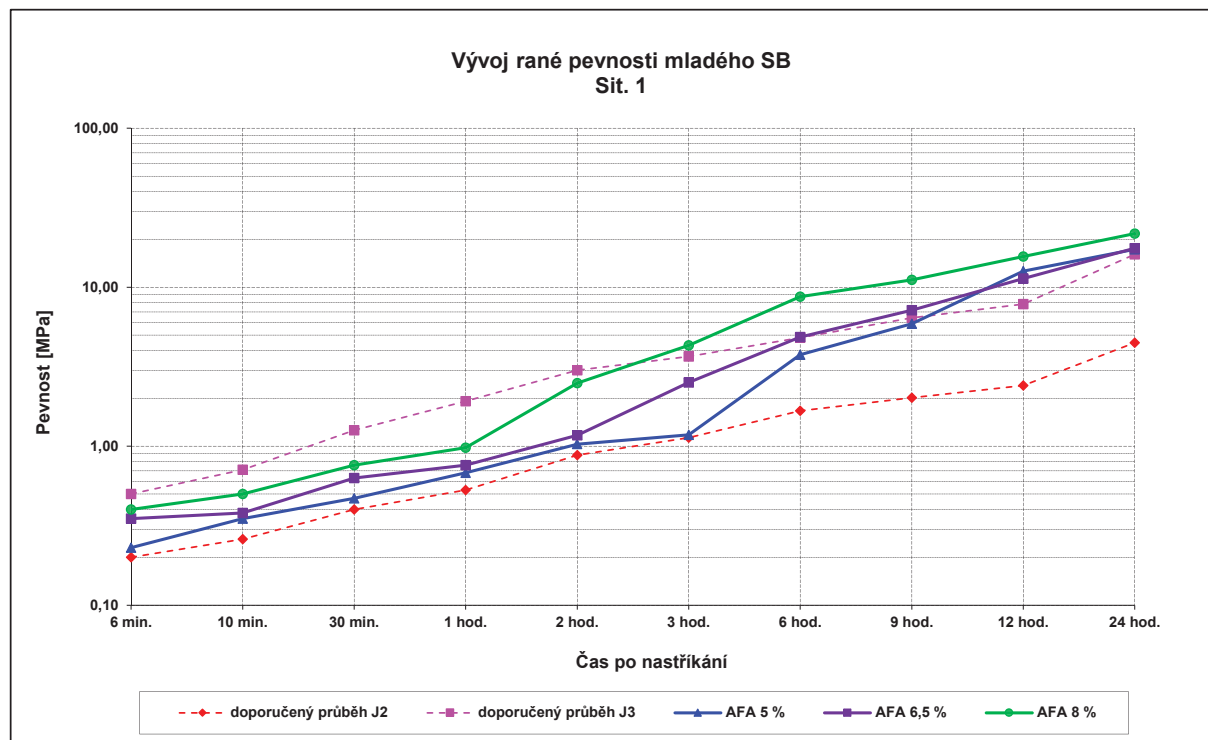
7.3.1 Situace 1 – teplota betonu 19,3 °C, teplota AFA 21,5 °C

Výsledky měření vývoje rané pevnosti mladého stříkaného betonu a vývoje teploty stříkaného betonu jsou uvedeny v tabulce a grafech (tab. 13, graf 7, 8).

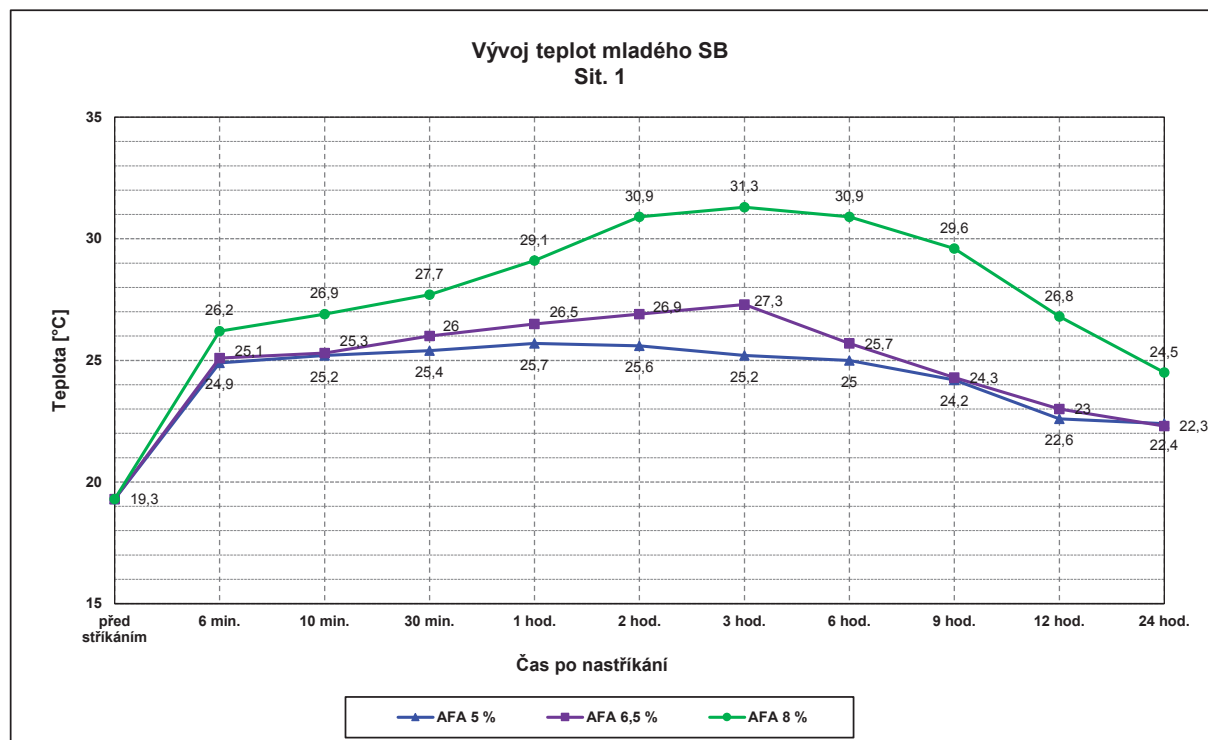
Tab. 13: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB (MPa) – situace 1

	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
AFA 5 %	0,23	0,35	0,47	0,68	1,03	1,18	3,76	5,90	12,64	17,33
AFA 6,5 %	0,35	0,38	0,63	0,76	1,17	2,51	4,85	7,17	11,34	17,59
AFA 8 %	0,40	0,50	0,76	0,98	2,49	4,31	8,72	11,14	15,60	21,76

Graf 7: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 1



Graf 8: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 1



Zhodnocení provedených měření:

Teplota základní směsi byla 19,3 °C. Teplota urychlovače 21,5 °C.

5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 6 °C a po dobu jedné hodiny měla rostoucí tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo s dostatečnou rezervou.

6,5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 6 °C a po dobu třech hodin měla rostoucí tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo s dostatečnou rezervou.

8 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 7 °C a po dobu třech hodin výraznou rostla.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo s dostatečnou rezervou.

7.3.2 Situace 2 – teplota betonu 18,6 °C, teplota AFA 10,3 °C

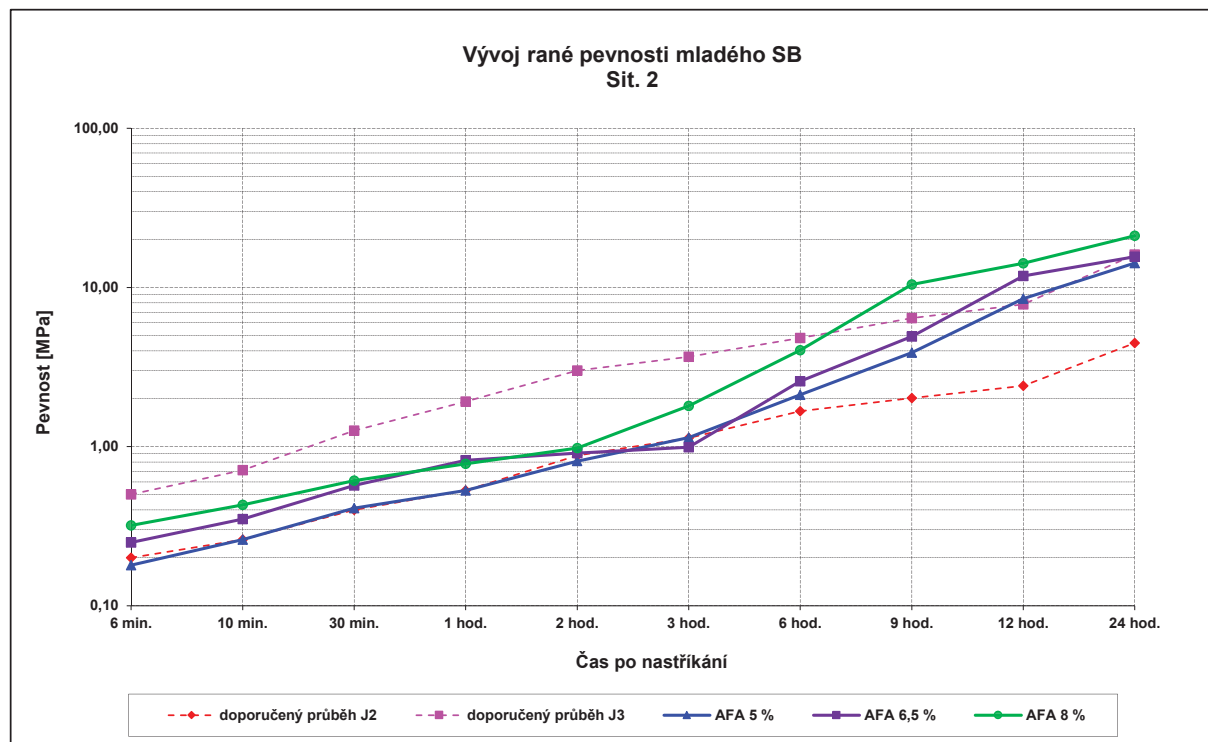
Výsledky měření vývoje rané pevnosti mladého stříkaného betonu a vývoje teploty stříkaného betonu jsou uvedeny v tabulce a grafech (tab. 14, graf 9, 10).

Tab. 14: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 2

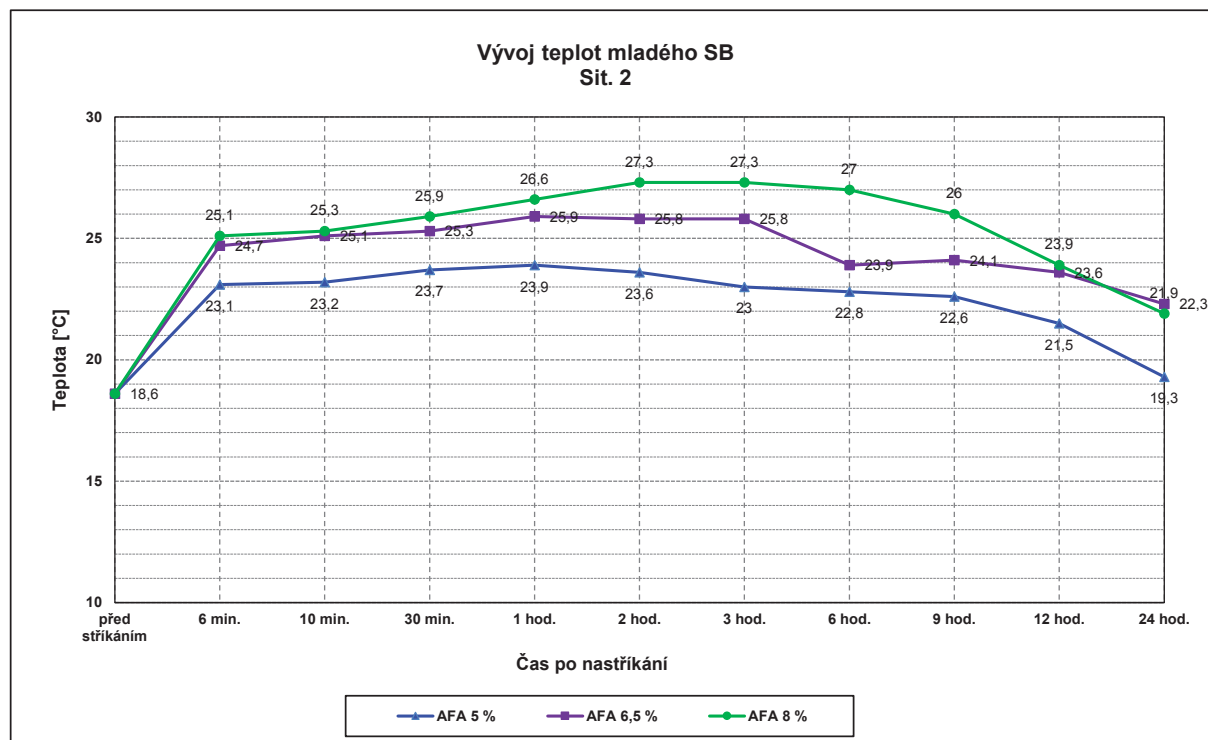
	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
AFA 5 %	0,18	0,26	0,41	0,53	0,81	1,14	2,12	3,90	8,50	14,24
AFA 6,5 %	0,25	0,35	0,57	0,82	0,91	0,99	2,58	4,92	11,80	15,58
AFA 8 %	0,32	0,43	0,61	0,78	0,98	1,80	4,03	10,45	14,18	21,14

Hodnoty červeně jsou pod doporučenou křivkou J2

Graf 9: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 2



Graf 10: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 2



Zhodnocení provedených měření:

Teplota základní směsi byla 18,6 °C. Teplota urychlovače 10,3 °C.

5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 4,5 °C a po dobu jedné hodiny měla stoupající tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 nebylo dosaženo.

6,5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 6 °C a po dobu jedné hodiny měla stoupající tendenci.
- Vývoj pevností se mezi 1 a 3 hodinou razantně zpomalil.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo.

8 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 6 °C a po dobu třech hodin měla stoupající tendenci.
- Nárůst pevnosti byl plynulý.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo s rezervou.

7.3.3 Situace 3 – teplota betonu 12,8 °C, teplota AFA 19,2 °C

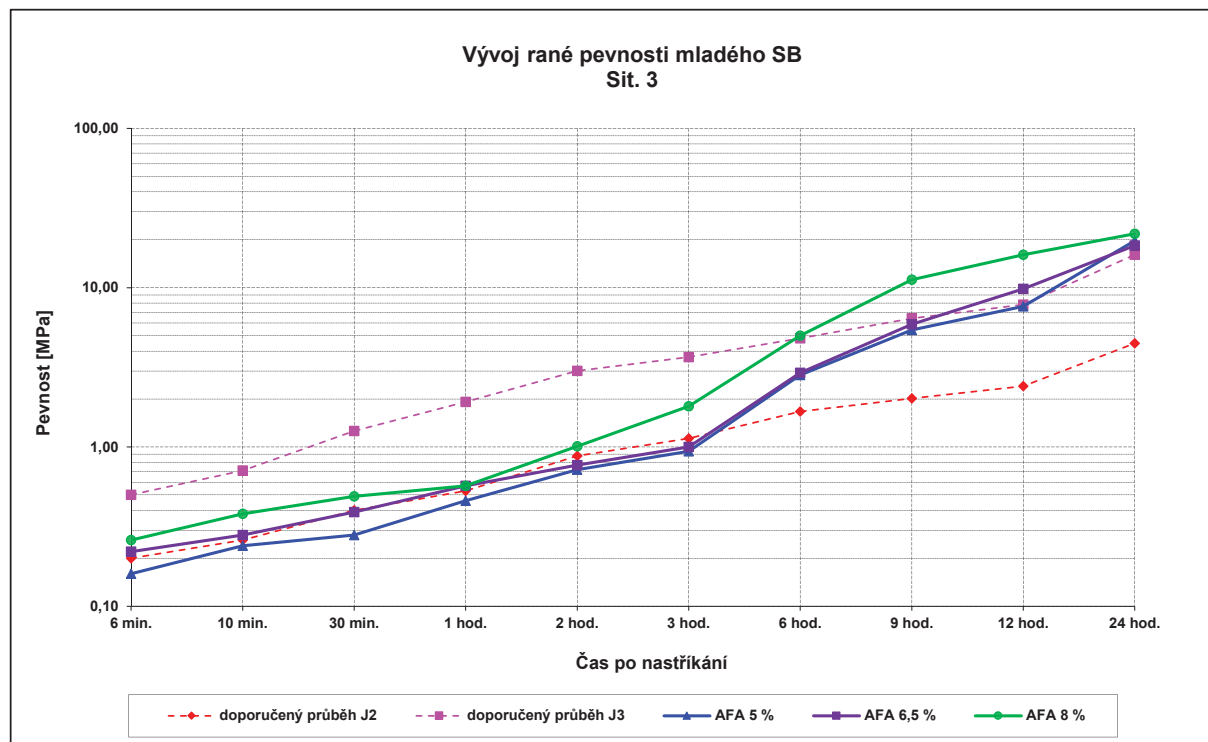
Výsledky měření vývoje rané pevnosti mladého stříkaného betonu a vývoje teploty stříkaného betonu jsou uvedeny v tabulce a grafech (tab. 15, graf 11, 12).

Tab. 15: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 3

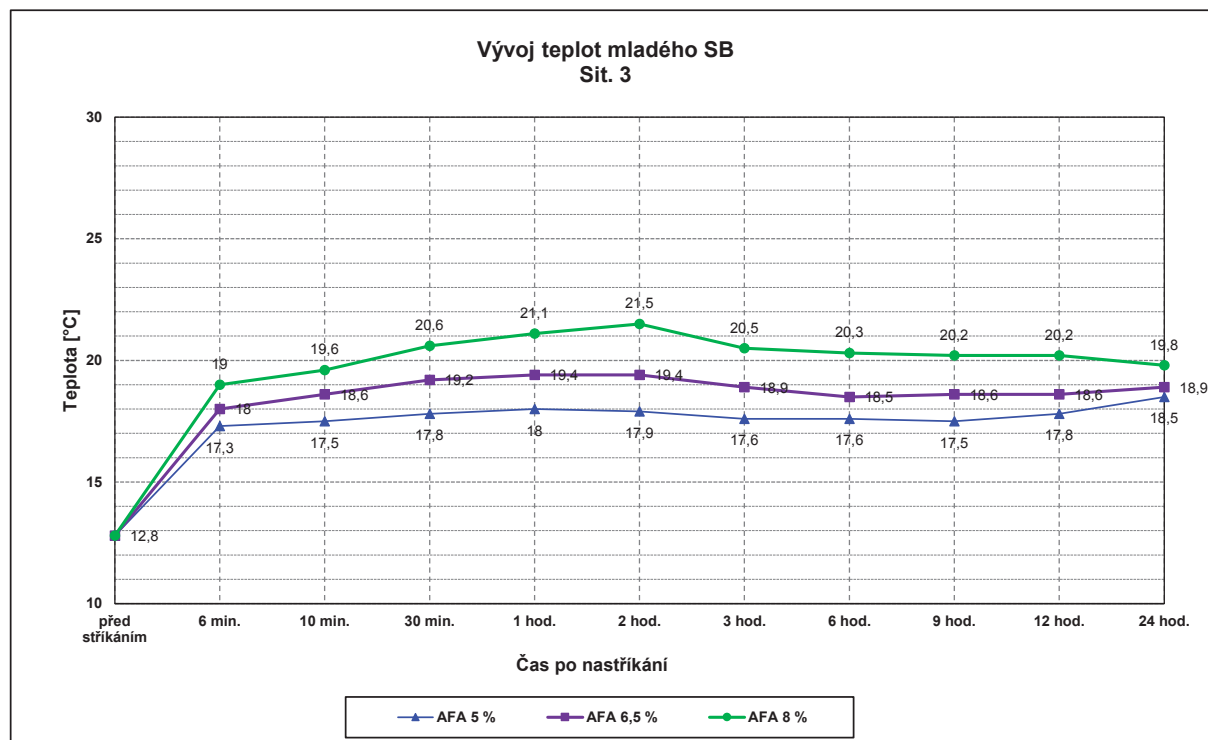
	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
AFA 5 %	0,16	0,24	0,28	0,46	0,72	0,94	2,83	5,43	7,63	19,74
AFA 6,5 %	0,22	0,28	0,39	0,57	0,77	1,00	2,92	5,90	9,82	18,38
AFA 8 %	0,26	0,38	0,49	0,57	1,01	1,80	4,99	11,24	16,12	21,79

Hodnoty červeně jsou pod doporučenou křivkou J2

Graf 11: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 3



Graf 12: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 3



Zhodnocení provedených měření:

Teplota základní směsi byla 12,8 °C. Teplota urychlovače 19,2 °C.

5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 4,5 °C a po celou dobu téměř nestoupala.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 nebylo dosaženo. Pevnosti jsou výrazně nedostačující.

6,5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 7 °C a po dobu jedné hodiny měla mírně stoupající tendenci.
- Vývoj pevností velmi pomalý. Od 30 minut nedosahuje beton třídy rané pevnosti J2.

8 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu o 8 °C a po dobu dvou hodin měla stoupající tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo.

7.3.4 Situace 4 – teplota betonu 12,1 °C, teplota AFA 8,4 °C

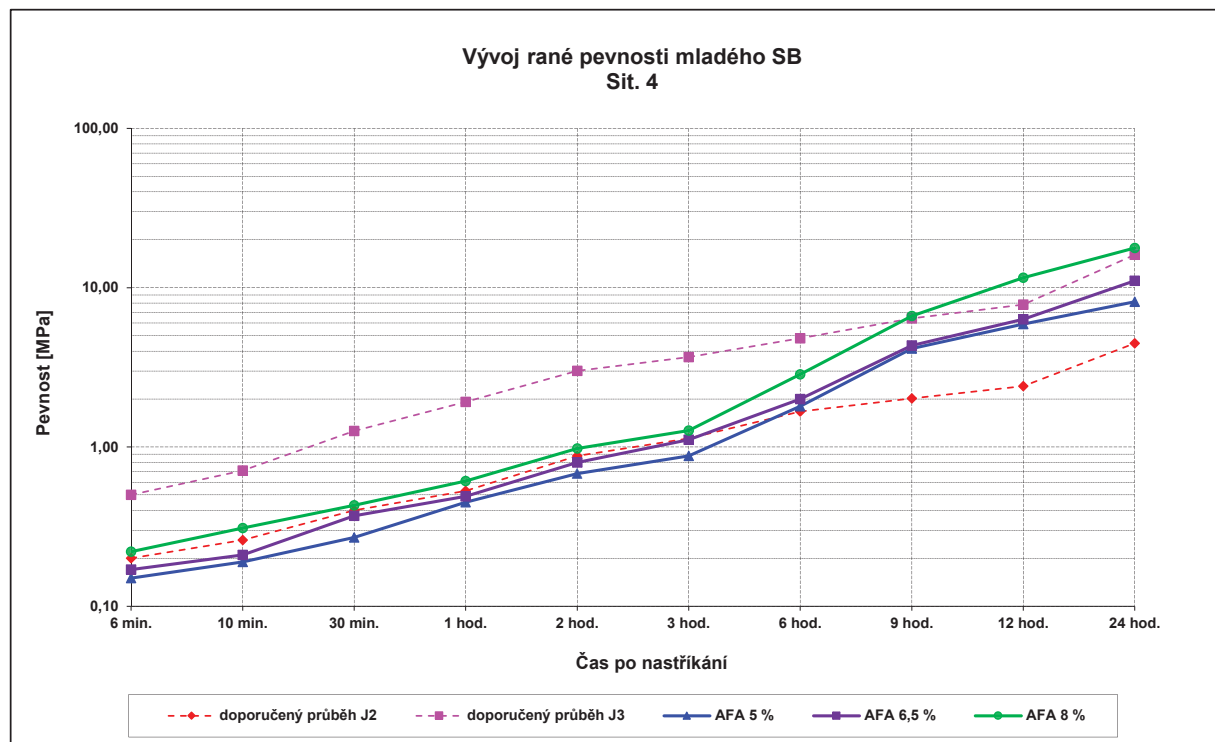
Výsledky měření vývoje rané pevnosti mladého stříkaného betonu a vývoje teploty stříkaného betonu jsou uvedeny v tabulce a grafech (tab. 16, graf 13, 14).

Tab. 16: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 4

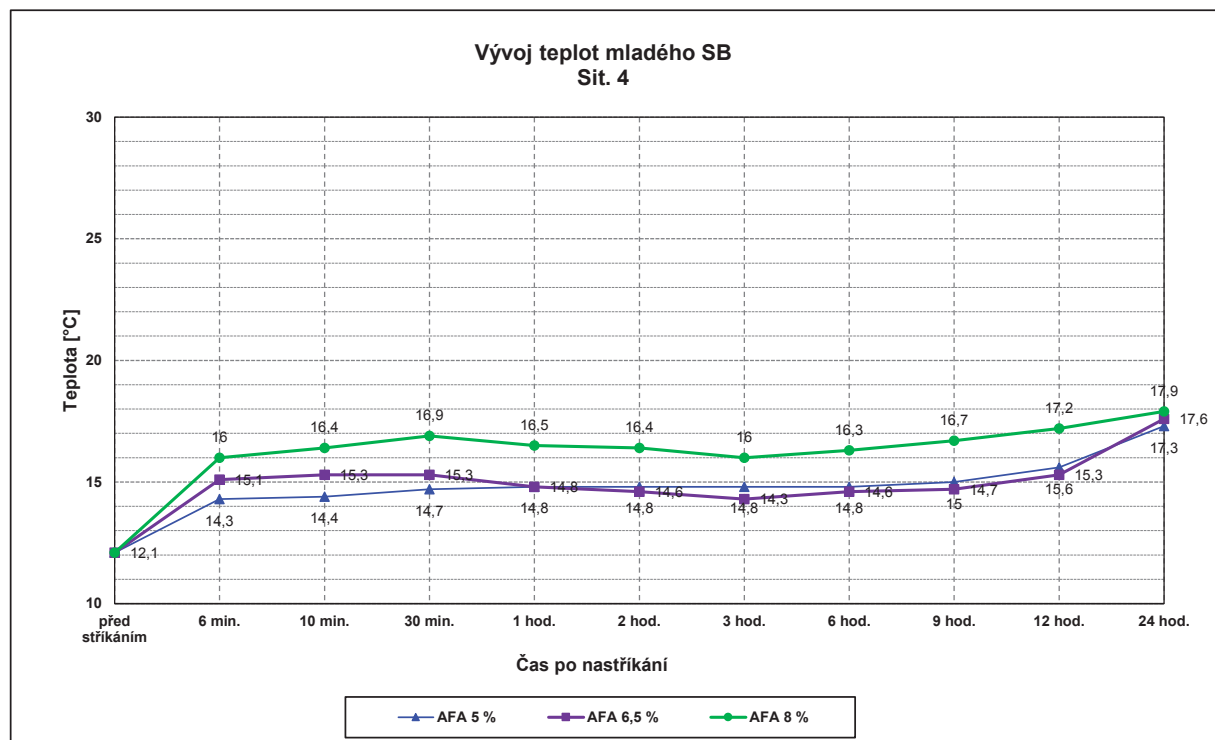
	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
AFA 5 %	0,15	0,19	0,27	0,45	0,68	0,88	1,80	4,15	5,92	8,15
AFA 6,5 %	0,17	0,21	0,37	0,49	0,80	1,11	2,00	4,33	6,34	11,06
AFA 8 %	0,22	0,31	0,43	0,61	0,98	1,27	2,85	6,64	11,54	17,75

Hodnoty červeně jsou pod doporučenou křivkou J2

Graf 13: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 4



Graf 14: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 4



Zhodnocení provedených měření:

Teplota základní směsi byla 12,1 °C. Teplota urychlovače 8,4 °C.

5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 2 °C a po celou dobu nestoupala.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 nebylo dosaženo. Pevnosti jsou výrazně nedostačující.

6,5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 3 °C a po celou dobu nestoupala.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 nebylo dosaženo. Pevnosti jsou výrazně nedostačující.

8 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 4 °C a po dobu 30 minut měla mírně stoupající tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo.

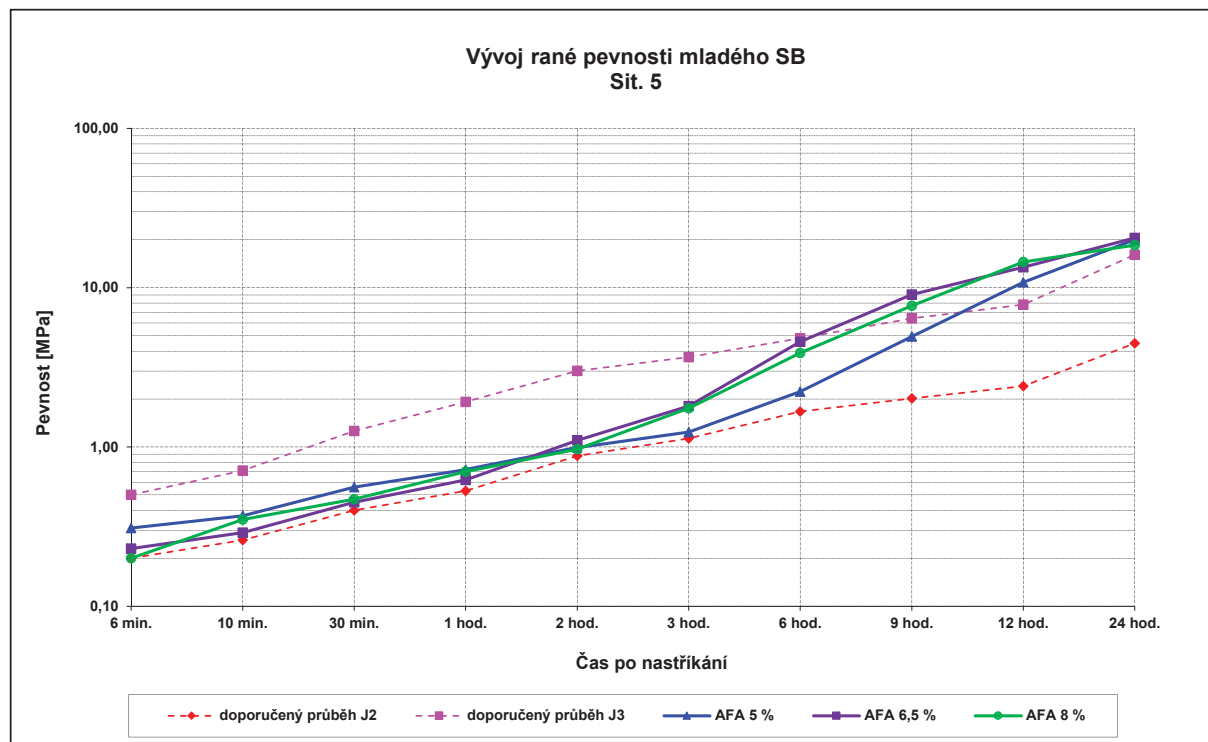
7.3.5 Situace 5 – teplota betonu 31,5 °C, teplota AFA 28,3 °C

Výsledky měření vývoje rané pevnosti mladého stříkaného betonu a vývoje teploty stříkaného betonu jsou uvedeny v tabulce a grafech (tab. 17, graf 15, 16).

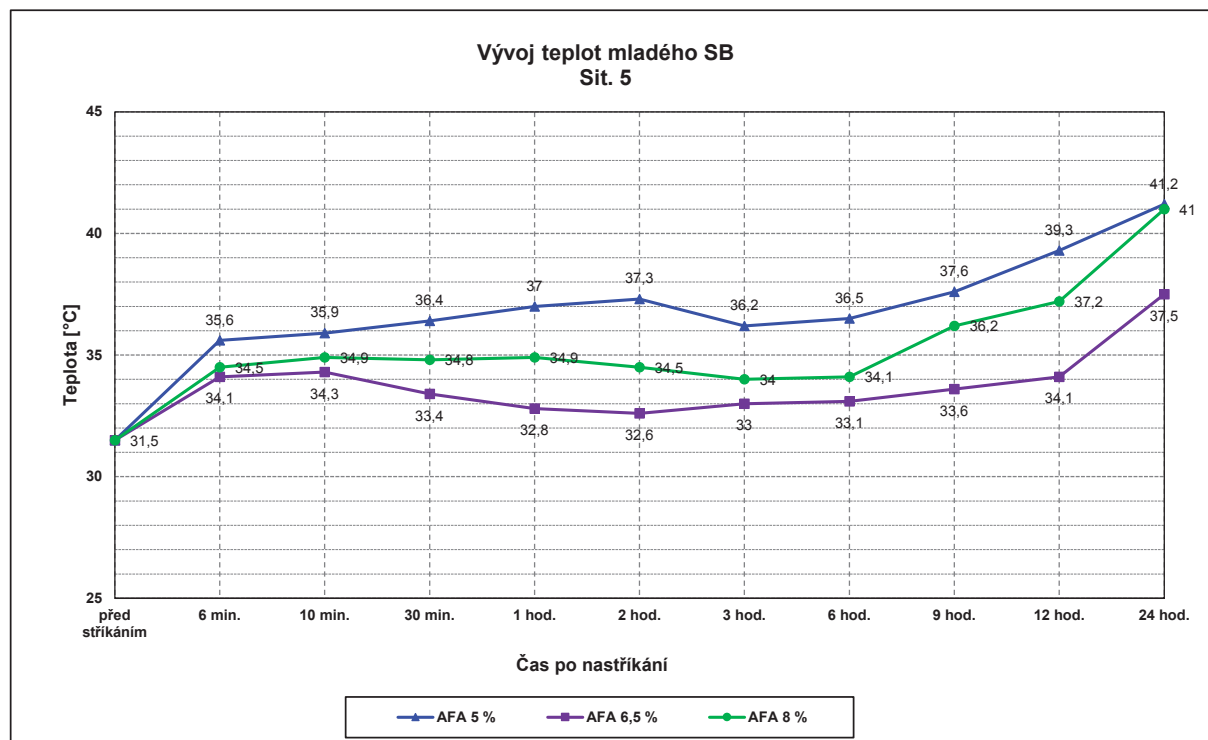
Tab. 17: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 5

	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
AFA 5 %	0,31	0,37	0,56	0,72	0,99	1,24	2,23	4,94	10,82	20,01
AFA 6,5 %	0,23	0,29	0,45	0,62	1,10	1,81	4,58	9,05	13,45	20,57
AFA 8 %	0,20	0,35	0,47	0,70	0,97	1,75	3,89	7,72	14,53	18,51

Graf 15: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 5



Graf 16: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 5



Zhodnocení provedených měření:

Teplota základní směsi byla 31,5 °C. Teplota urychlovače 28,3 °C.

5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 4 °C a po dobu dvou hodin měla stoupající tendenci.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo s dostatečnou rezervou.

6,5 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 2,5 °C a po celou dobu nerostla.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo.

8 % AFA

- V prvních 6 minutách od nástřiku stoupla teplota betonu pouze o 3 °C a po celou dobu nerostla.
- Pevnost po 6 minutách je na minimální možné hranici.
- Požadované třídy rané pevnosti J2 bylo dosaženo.

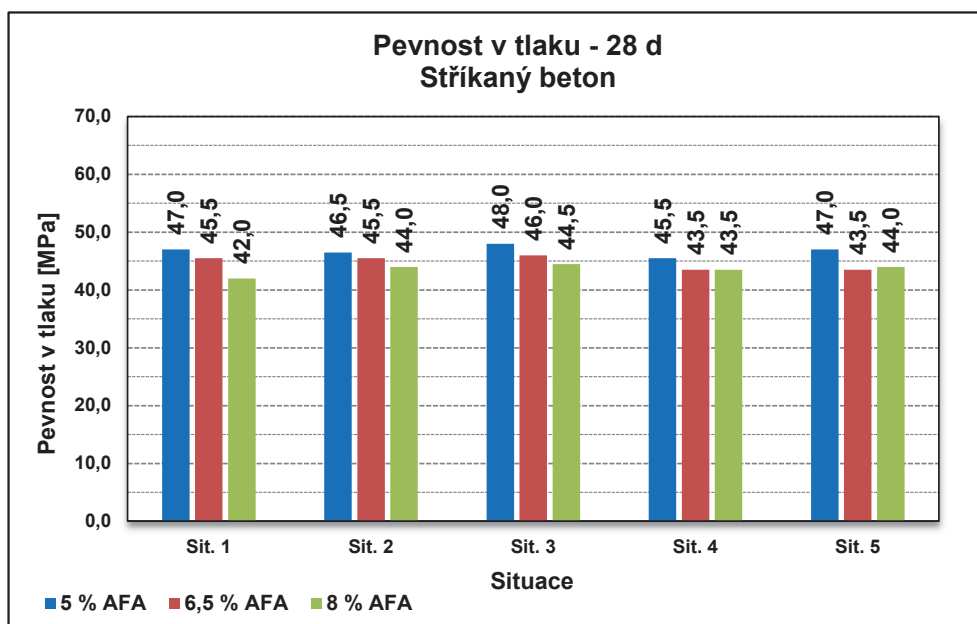
7.3.6 Pevnosti v tlaku po 28 dnech

Výsledky pevnosti v tlaku stříkaného betonu po 28 dnech jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 18). Průměrné pevnosti v tlaku, vždy s pěti jádrových vývrtů, jsou znázorněny v grafu (graf 17).

Tab. 18: Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech – stříkaný beton (s AFA)

Situace	5 % AFA			6,5 % AFA			8 % AFA		
	Objemová hmotnost [kg/m³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]
Sit. 1	2260	46,9	47,0	2270	43,9	45,5	2320	42,0	42,0
	2290	48,3		2260	46,3		2300	41,3	
	2290	47,1		2300	45,5		2320	40,9	
	2280	46,7		2260	44,5		2310	42,1	
	2270	45,9		2270	47,6		2300	43,6	
Sit. 2	2290	48,2	46,5	2330	47,0	45,5	2310	45,3	44,0
	2280	46,3		2310	46,7		2310	44,2	
	2300	43,9		2310	43,1		2300	45,5	
	2290	47,4		2290	44,5		2310	43,2	
	2270	45,8		2300	45,4		2300	42,9	
Sit. 3	2300	46,3	48,0	2260	45,3	46,0	2310	42,0	44,5
	2310	49,3		2270	47,8		2300	43,3	
	2300	49,1		2300	45,5		2320	46,6	
	2290	48,1		2260	48,2		2310	44,7	
	2300	47,3		2270	42,9		2300	46,6	
Sit. 4	2260	43,9	45,5	2320	43,4	43,5	2310	45,8	43,5
	2270	46,3		2320	42,3		2310	43,8	
	2300	45,5		2300	45,1		2300	42,5	
	2260	44,5		2260	42,0		2310	43,6	
	2270	47,6		2310	44,2		2300	42,9	
Sit. 5	2310	48,4	47,0	2310	43,1	43,5	2300	45,3	44,0
	2260	42,3		2260	42,3		2280	43,7	
	2300	49,4		2300	41,6		2280	42,3	
	2260	44,9		2260	44,9		2300	45,3	
	2300	49,4		2300	46,3		2270	43,1	

Graf 17: Výsledné pevnosti v tlaku po 28 dnech – stříkaný beton (s AFA)



8 Vyhodnocení výsledků

Tab. 19: Výsledná tabulka zkoušek

Zkouška	Interval zkoušky	Situace 1			Situace 2			Situace 3			Situace 4			Situace 5		
		5 %	6,5 %	8 %	5 %	6,5 %	8 %	5 %	6,5 %	8 %	5 %	6,5 %	8 %	5 %	6,5 %	8 %
Základní směs	Teplota betonu [°C]			20,1			19,8			13,9			12,6			30,6
	Konzistence rozlitém [mm]			600			610			630			600			580
	Objemová hmotnost [kg/m ³]			2280			2290			2320			2290			2300
	Obsah vzduchu [%]			5,0%			4,6%			3,0%			4,1%			4,6%
	w/c			0,46			0,47			0,47			0,45			0,47
Stříkaný beton	Pevnost v tlaku (průměrné hodnoty) [MPa]			57,0			57,0			55,5			58,5			58,5
	Teplota prostředí			15,0			14,5			13,3			13,5			23,6
	Teplota betonu [°C]			19,3			18,6			12,8			12,1			31,5
	Teplota AFA			21,5			10,3			21,0			8,4			28,3
Penetrační jehla (průměrné hodnoty) [MPa]	6 min	0,23	0,35	0,40	0,18	0,25	0,32	0,16	0,22	0,26	0,15	0,17	0,22	0,31	0,23	0,20
	10 min	0,35	0,38	0,50	0,26	0,35	0,43	0,24	0,28	0,38	0,19	0,21	0,31	0,37	0,29	0,35
	30 min	0,47	0,63	0,76	0,41	0,57	0,61	0,28	0,39	0,49	0,27	0,37	0,43	0,56	0,45	0,47
	1 hod	0,68	0,76	0,98	0,53	0,82	0,78	0,46	0,57	0,57	0,45	0,49	0,61	0,72	0,62	0,70
	2 hod	1,03	1,17		0,81	0,91	0,98	0,72	0,77	1,01	0,68	0,80	0,98	0,99	1,10	0,97
	3 hod	1,18			1,14	0,99		0,94	1,00		0,88	1,11	1,27	1,24		
	2 hod															
	3 hod			2,51			1,80			1,80					1,81	1,75
	6 hod	3,76	4,85	8,72	2,12	2,58	4,03	2,83	2,92	4,99	1,80	2,00	2,85	2,23	4,58	3,89
	9 hod	5,90	7,17	11,14	3,90	4,92	10,45	5,43	5,90	11,24	4,15	4,33	6,64	4,94	9,05	7,72
HIT LI (průměrné hodnoty) [MPa]	12 hod	12,64	11,34	15,60	8,50	11,80	14,18	7,63	9,82	16,12	5,92	6,34	11,54	10,82	13,45	14,53
	24 hod	17,33	17,59	21,76	14,24	15,58	21,14	19,74	18,38	21,79	8,15	11,06	17,75	20,01	20,57	18,51
	Pevnost v tlaku na jádrovém vývrtnu (průměrné hodnoty) [MPa]	47,0	45,5	42,0	46,5	45,5	44,0	48,0	46,0	44,5	45,5	43,5	47,0	43,5	44,0	44,0

Hodnoty červeně jsou pod doporučenou křivkou J2

8.1 Vliv teploty prostředí na vývoj raných pevností

Teplota okolního prostředí je neméně důležitá, a pro vývoj raných pevností mladého stříkaného betonu má významný vliv. Z provedených zkoušek je patrné, že po převezení zkušebních desek z chladného prostředí tunelu do laboratoře, byl nárůst pevnosti výraznější. Při návrhu složení stříkaného betonu je tedy nutné vždy zohlednit, kde se beton bude aplikovat a jaké mohou nastat teploty.

8.2 Vliv teploty betonu a urychlovače na množství urychlovače tuhnutí

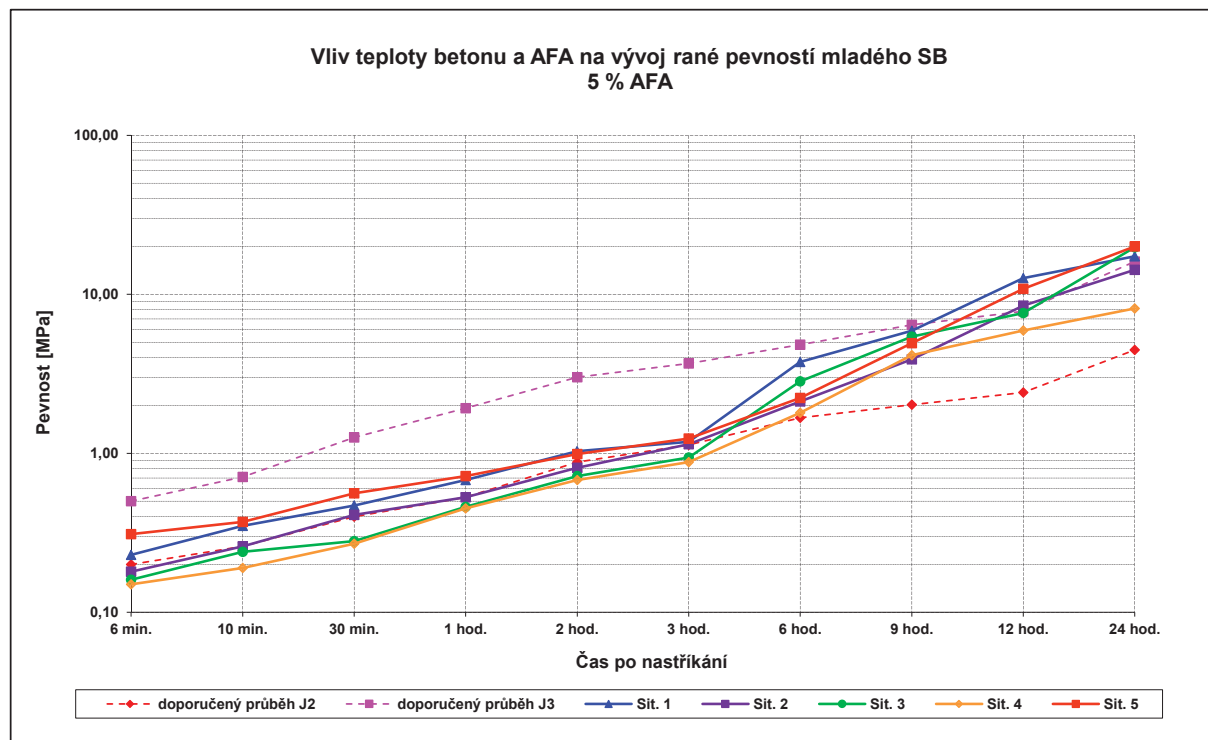
Při dodržení optimální teploty betonu i urychlovače tuhnutí (situace 1) je možné dosáhnout doporučeného průběhu rané pevnosti J2 i při dávce urychlovače 5 %. V situaci 5 je rané pevnosti J2 dosaženo také, ale to z důvodu právě nízké dávky urychlovače. Nedochází k tzv. přepálení stříkaného betonu vzhledem k vysoké teplotě základní směsi.

Jakmile je nízká teplota základní směsi nebo urychlovače, je pro dosažení doporučeného průběhu rané pevnosti J2 nutné zvýšit dávku urychlovače na min. 6,5 % (situace 2) a v některých případech dokonce na min. 8 % (situace 3 a 4). Pokud bude teplota betonu i urychlující přísady pod 15 °C je při nižším množství urychlovače funkce urychlovače téměř vyloučena.

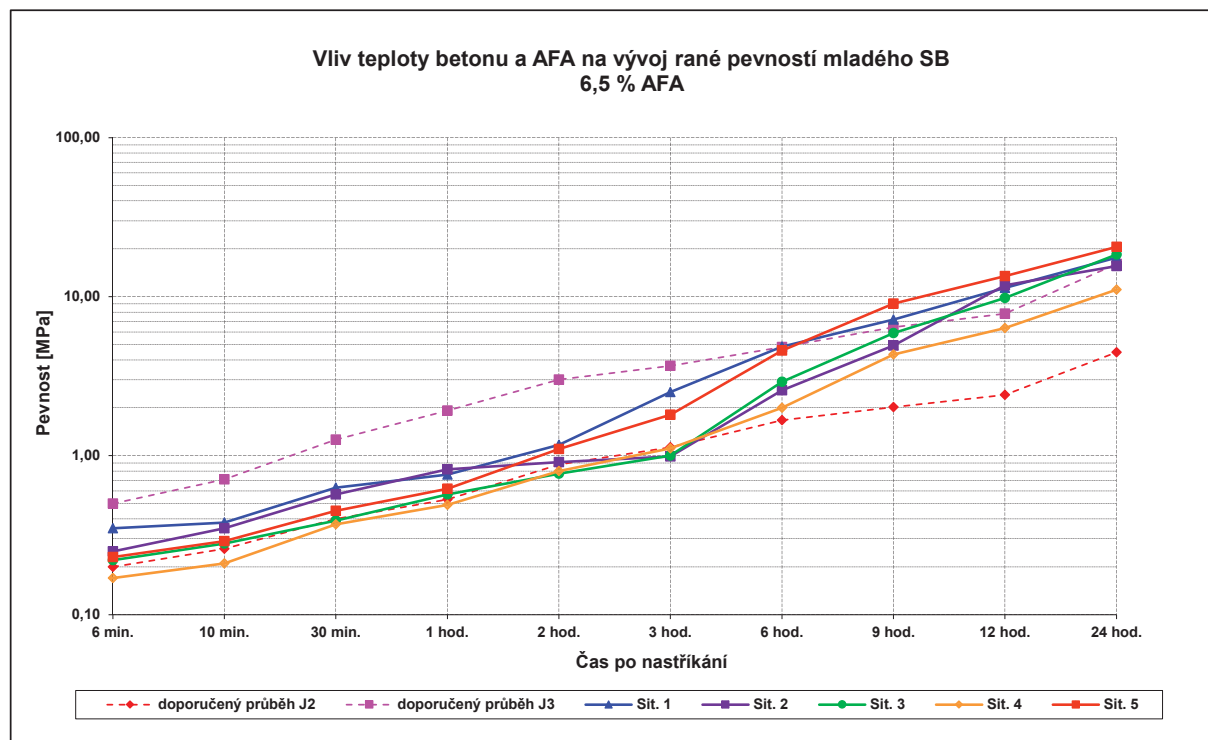
V situaci 5, kdy teplota základní směsi dosahuje více než 30°C, dochází při dávkách urychlovače 6,5 a 8 % k přepálení stříkaného betonu. I přesto, že dosáhneme doporučeného průběhu rané pevnosti J2, jsou pevnosti při stejné dávce u podstatně nižší než za optimálních podmínek.

V následujících grafech (graf 18, 19, 20) je znázorněn vývoj rané pevnosti mladého stříkaného betonu jednotlivých situací při zachování stejného množství urychlující přísady.

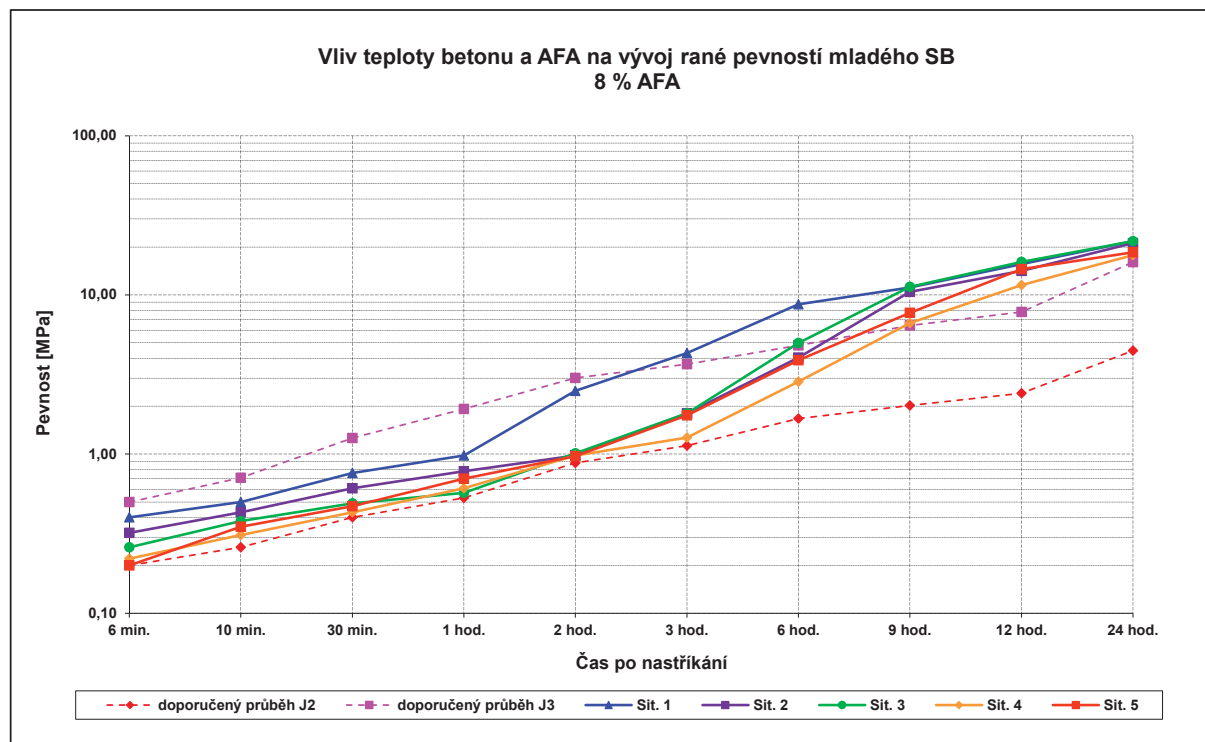
Graf 18: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 5 % AFA



Graf 19: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 6,5 % AFA



Graf 20: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 8 % AFA



8.3 Pevnost v tlaku po 28 dnech

8.3.1 Vliv urychlovače na pevnost základní směsi

Pevnost v tlaku základní směsi se pohybuje od 55,5 do 58,5 MPa. U stříkaného betonu s urychlovačem tuhnutí se pevnost snížila zhruba o 20 %. Pevnosti na jádrových vývrtech jsou v rozmezí 42 až 48 MPa. Toto je dáno díky výraznému zvýšení vodního součinitele v důsledku přidání urychlující přísady.

8.3.2 Vliv množství urychlovače na pevnost stříkaného betonu

Podle výsledku zkoušek pevnosti v tlaku po 28 dnech je patrné, že s rostoucím množstvím urychlovače tuhnutí se pevnost stříkaného betonu zpravidla snižuje (viz kap. 7.3.6, graf 17).

8.4 Ekonomické vyhodnocení

Cílem realizační firmy při výstavbě tunelu je dosažení zisku. Budeme-li uvažovat ražený tunel o délce kolem 1200 metrů, bude na jeho výstavbu potřeba zhruba 30000 m³ stříkaného betonu. Při zajištění požadovaných teplot není pro dosažení požadovaných pevností nutné zvyšovat dávku urychlující přísady, což vede ve výsledku k značným finančním úsporám. Orientační náklady na urychlující přísadu při různé dávce přísady jsou patrné z tabulky (tab. 20).

Tab. 20: Orientační náklady na urychlující přísadu

AFA	Množství stříkaného betonu [m ³]	Množství CEM na 1m ³ [kg]	Množství AFA na 1m ³ [kg]	Množství AFA celkem [t]	Cena AFA Kč/tuna	Cena AFA celkem Kč
5,0%	30 000	430	22	645,0	20 000	12 900 000
6,5%			28	838,5		16 770 000
8,0%			34	1 032,0		20 640 000

9 Závěr

Cílem experimentální práce bylo zjistit, jaký vliv mají teploty základní směsi stříkaného betonu a urychlovače tuhnutí na vývoj rané pevnosti mladého stříkaného betonu. Pro tento účel bylo sledováno pět situací, které mohou v běžné praxi nastat. V každé situaci byly sledovány tři různá množství urychlující přísady. Na základě zkušeností a poznatků z praxe, byl pro tento účel navržen stříkaný beton C 25/30 XC2 D_{max} 8. Beton byl navržen pro třídu rané pevnosti J2. Před samotným návrhem složení betonu byla ověřena reaktivita urychlovače tuhnutí na cementové maltě. Vhodnost tohoto typu urychlovače byla zkouškou prokázána.

Pro objektivnost výsledků bylo nutné zachovat srovnatelné podmínky a soustředit se pouze na teplotu betonu a teplotu urychlovače tuhnutí, což se během experimentu podařilo. Z výsledků provedených zkoušek je zřejmé, že teplota betonu před nástřikem a teplota urychlující přísady má na vývoj rané pevnosti stříkaného betonu významný vliv. Pokud má beton i urychlující přísada optimální teplotu je dosaženo požadované rané pevnosti i za použití poměrně malého množství urychlující přísady. Pokud má jedna ze složek teplotu nízkou, pak je nutné zásadně zvyšovat dávku urychlující přísady. Důležitější je teplota betonu než teplota urychlující přísady. Pokud je studený beton, pak teplou přísadou již situaci nezachráníme. Nesmím opomenout vliv vysoké teploty betonu v letních měsících. Pokud teplota betonu překročí 30 °C, má to za následek zhoršující se vývoj rané pevnosti stříkaného betonu. Stříkaný beton je tzv. přepálen.

Rychlý vývoj rané pevnosti stříkaného betonu je základní podmínkou pro bezpečnou ražbu. Ne nadarmo se v technicko-kvalitativních podmínkách doporučuje teplota betonu před aplikací minimálně 15 °C. V oblasti podzemního stavitelství, a hlavně při ražbě tunelů považují tuto teplotu za samozřejmost.

Seznam použité literatury

Knižní publikace

- [1] BASF The Chemical Company. Sprayed Concrete for Ground Support. BASF Construction Chemicals Europe Ltd., 2014
- [2] HILAR, M. *Stříkaný beton v podzemním stavitelství*. Praha: Český tunelářský komitét ITA-AITES, 2008. ISBN 978-80-254-1262-6.
- [3] PYTLÍK, P. *Technologie betonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2000. ISBN 80-214-1647-5.
- [4] MELBYE, T. *Stříkaný beton*. Schweiz: MBT International Underground Construction Group, 2001.
- [5] PAGLIA, C.; WOMBACHER F.; BÖHNI H. *The influence of alkali-free and alkaline shotcrete accelerators within cement systems*. 2001. 6s
- [6] ZÁMEČNÍK M.; KUDELA M. *Stříkané betony – základ úspěchu NRTM*. Tunely a podzemné stavby 2015. 2015. 6s. ISBN 978-80-972154-4-6.

Normy

- [7] ČSN EN 196-1. *Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [8] ČSN EN 197-1-ed.2. *Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [9] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [10] ČSN EN 933-1. *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [11] ČSN EN 934-2+A1. *Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Část 2: Přísady do betonu - Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] ČSN EN 12350-5. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [13] ČSN EN 12350-6. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

- [14] ČSN EN 12350-7. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [15] ČSN EN 12390-1. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [16] ČSN EN 12390-2. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [17] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [18] ČSN EN 12390-7. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [19] ČSN EN 14487-1. *Stříkaný beton – Část 1: Definice, specifikace a shoda*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [20] ČSN EN 14488-1. *Zkoušení stříkaného betonu – Část 1: Odběr vzorků čerstvého a ztvrdlého betonu*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [21] ČSN EN 14488-2. *Zkoušení stříkaného betonu – Část 2: Pevnost v tlaku mladého stříkaného betonu*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [22] TKP část 26. *Tunely*. Bratislava: MDVRR SR, 2015.

Seznam obrázků

Obr. 1: Zajištění svahů – středová jáma tunelu Povážský Chlmec, trasa D3, SR [autor]	11
Obr. 2: Čelba železničního tunelu Turecký Vrch SR [autor]	12
Obr. 3 Primární ostění tunelu raženého NRTM [autor].....	15
Obr. 4: Schéma aplikace suchou cestou [Atlas Copco].....	18
Obr. 5: Schéma nástřiku mokrou cestou [Atlas Copco]	20
Obr. 6: Stříkací stroj MEYCO Potenza pro technologii nástřiku mokrou cestou [autor]	21
Obr. 7: Stříkací stroj MEYCO Potenza při ukládání stříkaného betonu [autor]	26
Obr. 8: Vybavení pro zkoušku tuhnutí na maltě dle EN 196-1 [autor]	29
Obr. 9: Zkouška rozlitím [2]	30
Obr. 10: Zkouška rozlitím – vyhodnocení stupně konzistence [autor]	30
Obr. 11: Přístroj na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu [autor]	31
Obr. 12: Obsah vody odparem [autor].....	32
Obr. 13: Nástřik zkušební desky do formy [autor].....	34
Obr. 14: Digitální siloměr Mecmesin BGF 1000 N [autor].....	35
Obr. 15: Zkouška vývoje pevností na zkušební desce [autor]	36
Obr. 16: Vsazovací zařízení HILTI DX 450 s hřeby a nábojkami [HILTI]	37
Obr. 17: Vytahovací zařízení HILTI HAT28 [HILTI].....	37
Obr. 18: Jádrové vývrty stříkaného betonu ze zkušební desky [autor]	39
Obr. 19: Zakoncování vzorku [autor].....	40

Seznam tabulek

Tab. 1: Požadavky na výchozí materiály [19].....	13
Tab. 2: Požadavky na složení betonu [19].....	13
Tab. 3: Předepsané pevnosti v tlaku mladého stříkaného betonu (MPa) [19]	16
Tab. 4: Pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206 [9].....	17
Tab. 5: Doporučené podíly jednotlivých zrn [1]	22
Tab. 6: Srovnání vlastností alkalických a bezalkalických urychlovačů [5].....	25
Tab. 7: Vyhodnocení výsledku zkoušky tuhnutí na maltě dle EN 196-1 [1].....	29
Tab. 8: Teploty u jednotlivých situací	42
Tab. 9: Vyhodnocení zkoušky reaktivity cementu a urychlovače	44
Tab. 10: Složení základní směsi stříkaného betonu	45
Tab. 11: Složení jednotlivých receptur a výsledky měření čerstvého betonu.....	47
Tab. 12: Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech – základní směs (bez AFA)	48
Tab. 13: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB (MPa) – situace 1	49
Tab. 14: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 2	51
Tab. 15: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 3	53
Tab. 16: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 4.....	55
Tab. 17: Výsledky měření rané pevnosti mladého SB – situace 5	57
Tab. 18: Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech – stříkaný beton (s AFA).....	60
Tab. 19: Výsledná tabulka zkoušek.....	61
Tab. 20: Orientační náklady na urychlující přísadu	65

Seznam grafů

Graf 1: Průběh nárůstu pevnosti v tlaku mladého stříkaného betonu [19]	16
Graf 2: Ideální pásmo křivky zrnitosti pro stříkaný beton [1]	22
Graf 3: Kalibrační křivka pro odečítání pevnosti betonu – zelená nábojka [HILTI]	38
Graf 4: Kalibrační křivka pro odečítání pevnosti betonu – žlutá nábojka [HILTI]	38
Graf 5: Výsledná křivka kameniva navržené receptury (frakce 0-8)	44
Graf 6: Výsledné pevnosti v tlaku po 28 dnech – základní směs (bez AFA)	48
Graf 7: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 1	50
Graf 8: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 1	50
Graf 9: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 2	52
Graf 10: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 2	52
Graf 11: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 3	54
Graf 12: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 3	54
Graf 13: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 4	56
Graf 14: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 4	56
Graf 15: Průběh vývoje rané pevnosti mladého SB – situace 5	58
Graf 16: Průběh vývoje teploty mladého SB – situace 5	58
Graf 17: Výsledné pevnosti v tlaku po 28 dnech – stříkaný beton (s AFA)	60
Graf 18: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 5 % AFA	63
Graf 19: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 6,5 % AFA	63
Graf 20: Vlivy teplot na vývoj rané pevnosti – 8 % AFA	64

Seznam příloh

Příloha 1: CEM I 42,5 R Ladce – vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce

Příloha 2: Kamenivo Šaštín Stráže – vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce

Příloha 3: Kamenivo Bytča Hrabové – vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce

Příloha 4: Technický list superplastifikační přísada MasterGlenium SKY 504

Příloha 5: Technický list přísady urychlující tuhnutí MasterRoc SA 183

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této diplomové práce Ing. Jiřímu Šafratovi za cenné rady a připomínky při jejím zpracování. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti TSUS, n. o. Žilina a kolegům ze společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. za pomoc při realizování experimentu. Můj dík rovněž patří mé rodině a nejbližším za podporu během celého studia.

Příloha 1

CEM I 42,5 R Ladce – vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce

VYHLÁSENIE O PARAMETROCH VÝROBKU V ZMYSLE NARIADENIA RADY EÚ 305/2011, č. 1/13/213 S 01

- Jedinečný kód typu výrobku : **213 S 01**
- Typ, číslo výrobnej dávky alebo sériové číslo, alebo akýkoľvek iný prvok umožňujúci identifikáciu stavebného výrobku, ako sa vyžaduje podľa článku 11 ods.4 : **CEM I 42,5 R** podľa STN EN 197-1
- Zamýšľané použitia stavebného výrobku, ktoré uvádza výrobca, v súlade s uplatniteľnou harmonizovanou technickou špecifikáciou :
HYDRAULICKÉ SPOJIVO POUŽITELNÉ V STAVEBNEJ VÝROBE – CEMENT PRE OBEČNÉ POUŽITIE
- Meno, registrované obchodné meno alebo registrovaná ochranná známka a kontaktná adresa výrobcu, ako sa vyžaduje podľa článku 11 ods. 5 :
POVAŽSKÁ CEMENTÁREŇ a.s., ul. JANKA KRÁĽA, 018 63 LADCE, SK
- Meno a kontaktná adresa splnomocneného zástupcu, ktorého splnomocnenie zahŕňa úlohy vymedzené v článku 12 ods. 2 :
ING. ĽUBOMÍR JEŽO PhD, ul. JANKA KRÁĽA, 018 63 LADCE, SK
- Systém alebo systémy posudzovania a overovania nemennosti parametrov stavebného výrobku, ako sa uvádzajú v prílohe V :
SYSTÉM 1+, Norma ISO 9001, ISO 14001, Zák. 133/2013 Zb.z.
- V prípade vyhlásenia o parametroch týkajúceho sa stavebného výrobku, na ktorý sa vzťahuje harmonizovaná norma :
TSÚS n.o. , BRATISLAVA, ul. STUDENÁ 3, SK , ČÍSLO n.o.: 1301
vykonan ROČNOU INŠPEKCIU v systéme PRAVIDELNÉHO 2 MESAČNÉHO DOZOROVANIA a vydal : **1301-CPR-0024 ES CERTIFIKÁT ZHODY**
- Deklarované parametre :

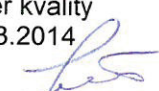
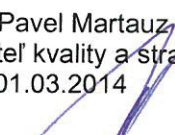
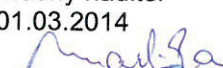


1301



Podstatné vlastnosti	Parametre	Harmonizované techn. špecifikácie
POČIATOČNÁ PEVNOSŤ 2dni	MIN. 20 MPa	STN EN 197-1
NORMALIZOVANÁ PEVNOSŤ 28d.	42,5 MPa - 62,5 MPa	STN EN 197-1
STRATA ŽIHANÍM	MAX. 5%	STN EN 197-1
NEROZLOŽITELNÝ ZVÝŠOK	MAX. 5%	STN EN 197-1
OBSAH CHLORIDOV	MAX. 0,1%	STN EN 197-1
POČIATOK TUHNUTIA	MIN. 60 min.	STN EN 197-1
OBSAH SÍRANOV	MAX. 4%	STN EN 197-1
OBJEMOVÁ STÁLOSŤ	MAX. 10 mm	STN EN 197-1

9. Parametre výrobku uvedené v bodoch 1 a 2 sú v zhode s deklarovateľnými parametrami v bode 8 .
Toto vyhlásenie o parametroch sa vydáva na výhradnú zodpovednosť výrobcu uvedeného v bode 4.

Vypracoval: Ing. Ľubomír Ježo, PhD. manažér kvality Dátum: 01.03.2014 Podpis: 	Overil: Ing. Pavel Martauz riaditeľ kvality a stratégie Dátum: 01.03.2014 Podpis: 	Schválil: Ing. Ľubomír Martinka obchodný riaditeľ Dátum: 01.03.2014 Podpis: 
--	--	--

Považská cementáreň, a.s.
ul. J. Kráľa
018 63 LADCE

Tel.:	Fax:	Bankové spojenie:	IČO DPH:	Internet/mail:	Registrácia:
+421/42/4603 376	+421/42/4603 386	VÚB Pov. Bystrica 408-372/0200	SK 2020437232	www.pcla.sk pcla@pcla.sk	Okres.súd Trenčín Vlož.:248/R, Sa



PROTOKOL O SKÚŠKE č. 20-14-1521

ZÁKAZKA

Číslo: 20-14-0088
Zákazník: Považská cementáreň, a.s.
ul. J. Kráľa
018 63 Ladce

PREDMET SKÚŠKY

Výrobok: Portlandský cement EN 197-1 - CEM I 42,5 R
Výrobca: identický so zákazníkom
Výrobňa: na adrese výrobcu
Výrobné normy: STN EN 197-1: 2012 Cement. Časť 1: Zloženie, špecifikácie a kritériá na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie

VZORKA VÝROBKU

Opis vzorky: cement
Označenie podľa zákazníka: Portlandský cement EN 197-1 - CEM I 42,5 R
Dátum výroby: neuvedený
Miesto a dátum odberu: Považská cementáreň, a.s., Ladce, silo č. 7, dňa 10. 09. 2014
Odber vykonal: TSÚS, skúšobné pracovisko Bratislava, Ing. Michal Bačuvčík
Miesto a dátum prevzatia: TSÚS, skúšobné pracovisko Bratislava, 11. 09. 2014
Označenie podľa laboratória: C – 163/14

SKÚŠKY

Obsah síranov (ako SO₃) - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-2: 2013 Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu
Opis vzorky: cement
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-2
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 17. 09. – 18. 09. 2014
Skúšal: Adriana Šebová

Obsah chloridov - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-2: 2013 Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu
Opis vzorky: cement
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-2
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 24. 09. 2014
Skúšal: Adriana Šebová

Obsah nerozpustného zvyšku - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-2: 2013 Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu
Opis vzorky: cement
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-2
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 17. 09. – 18. 09. 2014
Skúšal: Adriana Šebová

Strata žiháním - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-2: 2013 Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu
Opis vzorky: cement
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-2
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 19. 09. 2014
Skúšal: Adriana Šebová

Pevnosť v tlaku - akreditovaná skúška

Pevnosť v ťahu pri ohybe - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-1: 2005 Metódy skúšania cementu. Časť 1: Stanovenie pevnosti
Opis skúšobných telies: trámce 40x40x160 mm, 6 kusov
Skúšobné telesá pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-1
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 15. 10. 2014, 23. 10. 2014
Skúšal: Peter Kiršner

Začiatok tuhnutia - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-3 + A1: 2009 Metódy skúšania cementu.
Časť 3: Stanovenie času tuhnutia a objemovej stálosti (Konsolidovaný text)
Opis vzorky: cementová kaša
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-3 + A1
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 21. 10. 2014
Skúšal: Peter Kiršner

Objemová stálosť - akreditovaná skúška

Skúšobný postup: STN EN 196-3 + A1: 2009 Metódy skúšania cementu.
Časť 3: Stanovenie času tuhnutia a objemovej stálosti (Konsolidovaný text)
Opis vzorky: cementová kaša
Skúšobnú vzorku pripravil: Peter Kiršner
Podmienky pri skúške: v súlade s STN EN 196-3 + A1
Odchýlky od skúš. postupu: žiadne
Dátum skúšky: 22. 10. 2014
Skúšal: Peter Kiršner

Použité meradlá a zariadenia:

<u>Evid. číslo</u>	<u>Názov</u>	<u>Rozsah</u>	<u>Jednotka</u>	<u>Delenie</u>
M200123	Posuvné meradlo	od 0 do 150	mm	0,01
M200305	Váhy elektronické	od 0,01 do 230	g	0,0001
M207026	Elektronické stopky	od 0 do 10	h	0,01 s
M207028	Skúšobný lis	od 0 do 300	kN	0,01
M207140	Skúšobný lis	od 0 do 10	kN	0,01
M207146	Váhy s neautomatickou činnosťou tr. presnosti II	od 50 do 12 000	g	0,1
M207036	Digitálny vlhkomer a teplomer so zápisníkom	od -10 do +60	°C	0,1
		od 5 do 95	% r.v.	0,1
Z200010	Miešačka malty	140 a 285	ot./min	-
Z200113	Vicatov prístroj	od 0 do 50	mm	1
Z200103	Vibračný stolík	-	-	-
Z200104	Forma 40x40x160 mm	-	-	-
Z200445	Magnetické miešadlo	-	-	-
Z200200	Titrač	-	-	-
Z200426	Le Chatelier objímka	-	-	-
Z200407	Muflová pec CARBOLITE	od 200 do 1300	°C	1
Z200414	Rýchlospopolňovač	od 130 do 630	°C	10

VÝSLEDKY**Tabuľka 1 - Chemické vlastnosti**

Vlastnosť	Výsledky skúšok (% hmot.)		
	Jednotlivé výsledky		Priemerná hodnota
Obsah síranov (ako SO ₃)	3,22	3,22	3,22
Obsah chloridov	0,076	0,075	0,076
Nerozpustný zvyšok	1,66	1,53	1,60
Strata žiňaním	1,17	1,19	1,18

Tabuľka 2 - Mechanické vlastnosti - pevnosti

Vlastnosť	Výsledky skúšok (MPa)			
	Jednotlivé výsledky			Priemerná hodnota ± U pre k = 2
Pevnosť v ťahu pri ohybe - po 2 dňoch	6,0	6,2	6,6	6,3 ± 0,3
Pevnosť v ťahu pri ohybe - po 28 dňoch	8,4	8,4	8,6	8,5 ± 0,2
Začiatočná pevnosť v tlaku - po 2 dňoch ¹⁾	30,2	31,0	31,0	30,9 ± 0,7
	30,3	30,9	32,1	
Normalizovaná pevnosť v tlaku - po 28 dňoch ¹⁾	53,2	55,0	54,5	54,3 ± 0,9
	54,9	53,9	54,2	

¹⁾ Poznámka: žiadny čiastkový výsledok sa podľa čl. 10.2.1 STN EN 196 – 1 nevylúčil

Tabuľka 3 - Začiatok tuhnutia


Vlastnosť	Výsledky skúšok
Obsah vody potrebnej na dosiahnutie normalizovanej hustoty cementovej kaše	27,5% hmot.
Začiatok tuhnutia	140 min

Tabuľka 4 - Objemová stálosť

Vlastnosť	Výsledky skúšok (mm)		
	Vzdialenosť		Rozdiel
	A	C	C - A
Objemová stálosť (rozpínanie)	27,0	27,0	0,0

Dátum vypracovania: 12. 11. 2014
 Vypracoval: Ing. Zuzana Letovancová

Schválil:


 Ing. Július Marko, PhD.
 vedúci SP



Poznámky:

- Skúšky sa vykonali podľa pracovného postupu č. PP-002 skúšobného laboratória v súlade s uvedenými skúšobnými postupmi.
- Uvádzaná rozšírená neistota vychádza zo štandardnej neistoty, ktorá je vynásobená faktorom pokrytia $k = 2$, ktorý v prípade normálneho rozdelenia poskytuje úroveň spoľahlivosti približne 95 %.
- Zistené výsledky sa vzťahujú len na vzorku výrobku.
- Protokol o skúške sa bez písomného súhlasu skúšobného laboratória môže reprodukovat' len ako celok.

-----Koniec protokolu o skúške-----

Příloha 2

Kamenivo Šaštín Stráže – vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce



VOHLÁSENIE O PARAMETROCH č. LBM/Ša/2013/CPR - 0/1 - EN 12620

1. *Jedinečný identifikačný kód typu výrobku :*

prírodné kamenivo, drobné, frakcia 0/1

2. *Typ, číslo výrobnej dávky alebo sériové číslo, alebo akýkoľvek iný prvok umožňujúci identifikáciu stavebného výrobku, ako sa vyžaduje podľa čl. 11 ods. 4 :*

prírodné kamenivo, drobné, frakcia 0/1 mm

zdroj: ťažený materiál – aluviálne naplaveniny rieky Morava /kremenný piesok/

výrobňa: LB MINERALS, a.s., Prevádzka Piesky, Zápotočná 1502, 908 41 Šaštín-Stráže, Slovenská republika

3. *Zamýšľané použitia stavebného výrobku, ktoré uvádza výrobca, v súlade s uplatniteľnou harmonizovanou technickou špecifikáciou:*

**kamenivo do betónu – do budov, ciest a iných stavebných diel
podľa prílohy ZA EN 12620: 2002 + A1: 2008**

4. *Meno, registrované obchodné meno alebo registrovaná ochranná známka a kontaktná adresa výrobcu, ako sa vyžaduje podľa čl. 11 ods.5 :*

**LB MINERALS, a.s.
Tomášikova 35, 043 22 Košice
Slovenská republika**

5. *V prípade potreby meno a kontaktná adresa splnomocneného zástupcu, ktorého splnomocnenie zahŕňa úlohy vymedzené v čl. 12, ods.2 :*

nevzťahuje sa

6. *Systém alebo systémy posudzovania a overovania nemennosti parametrov stavebného výrobku, ako sa uvádzajú v prílohe V :*

Systém 2+

7. *V prípade vyhlásenia o parametroch týkajúceho sa stavebného výrobku, na ktorý sa vzťahuje harmonizovaná norma :*

Notifikovaná osoba 1301

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o.,
Studená 3, 821 04 Bratislava, Slovenská republika

vykonala

počiatočnú inšpekciu výroby a vnútropodnikovej kontroly a vykonáva priebežný dohľad nad systémom riadenia výroby a posudzovania a hodnotenia systému riadenia výroby

v systéme

2+

a vydala

ES Certifikát vnútropodnikovej kontroly

1301 - CPD – 0341

8. *V prípade vyhlásenia o parametroch týkajúceho sa stavebného výrobku, na ktorý bolo vypracované európske technické posúdenie:*

nevzťahuje sa

9. Deklarované parametre:

Podstatné vlastnosti	Parametre	Harmonizovaná technická špecifikácia
Frakcia	0/1 mm	EN 12620: 2002 + A1: 2008 Kamenivo do betónu
Trieda zrnitosti ad 2	G _F 85	
Typická trieda zrnitosti (prepad sitom)		
sito 1 mm	95 ±5%	
sito 0,25 mm sitom frakcie (D/2)	26 ±25%	
Obsah jemných zŕn	f ₃	
Kvalita jemných zŕn	NPD	
Objemová hmotnosť		
- zdanlivá	2,64 ±0,15 Mg.m ⁻³	
- kameniva vysušeného v sušiarňi	2,61 ±0,15 Mg.m ⁻³	
- kameniva nasýteného a povrchovo vysušeného	2,62 ±0,15 Mg.m ⁻³	
Nasiakavosť	≤ 1,0 %	
Alkalicko – kremičitá reakcia / reaktivnosť kameniva s alkáliami		
- chemická skúška	bez náchylnosti k reakcii	
- dilatometrická skúška		
- po 6 mesiacoch	≤ 0,10 %	
Obsah chloridov rozpustných vo vode.	≤ 0,01 %	
Obsah síranov rozpustných v kyseline	AS _{0,2}	
Celkový obsah síry	≤ 1,0 %	
Zložky, ktoré menia rýchlosť tuhnutia a tvrdnutia betónu		
- obsah humusu	neobsahuje	
- doba tuhnutia (predĺženie doby tuhnutia)	≤ 120 min.	
- pevnosť v tlaku (pokles pevnosti)	≤ 20 %.	
Petrografický opis	Kremenný piesok (geologické obdobie štvrtohory)	

Národné požiadavky		
Obsah prírodných rádionuklidov		Vyhláška MZ SR č. 528/2007 Z. z. o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia
- ²²⁶ Ra	≤ 120 Bq.kg ⁻¹	
- index hmotnostnej aktivity	≤ 1	

10. Parametre výrobku uvedeného v bodoch 1 a 2 sú v zhode s deklarovateľnými parametrami v bode 9.
Toto vyhlásenie o parametroch sa vydáva na výhradnú zodpovednosť výrobcu uvedeného v bode 4.

Podpísal za a v mene výrobcu :

Ing. Ján Mendel
člen predstavenstva
LB MINERALS, a.s.



Ing. Henrich Hamrák
splnomocnený konateľ
LB MINERALS, a.s.



V Košiciach, dňa: 01. 07. 2013

Protokol o vykonaní skúšky č.:

20

v súlade s STN EN 933-1



MINERALS

Obchodný názov: Piesok nepraný
(0/1 podľa EN 12620, EN 13043, EN 13139)

Laboratórium: LB MINERALS, a.s.
Prevádzka Piesky Šaštín-Stráže

Miesto odberu vzorky: Skládky

Dátum vykonania skúšky: 3.11.2014

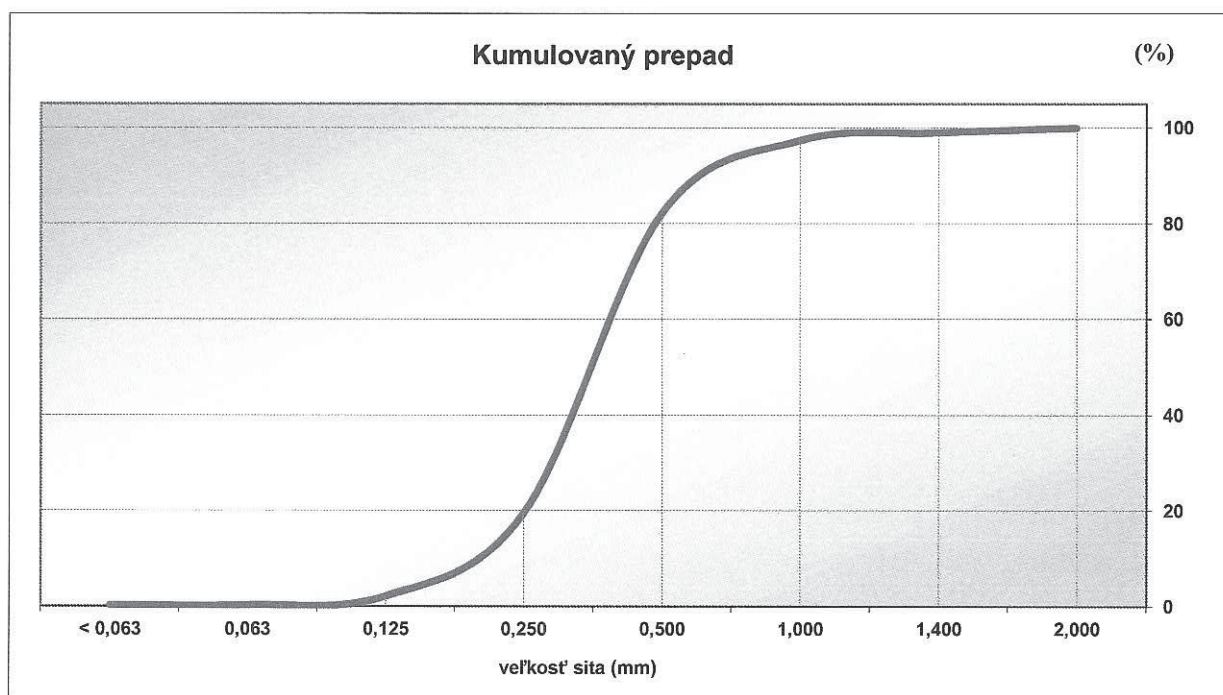
Dátum odberu vzorky: 3.11.2014

Skúšku vykonal: Hakalová

Podpis:

Zrinitosť - sitový rozbor:

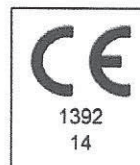
Vlhká vzorka M0 (g)		657,4	Suchá vzorka po premývaní M2 (g)		636,9			
Suchá vzorka M1 (g)		638,8	Podiel jemných zŕn (%)		0,3			
Vlhkosť (%)		2,829328	Platnosť skúšky (%)		0,0			
Sada sít		zostatok na site (g)	zostatok na site (%)	kumulované nadsitné (%)	kumulovaný prepad (%)	Medzné hodnoty podielu prepadu (%)		odchýlky
číslo sít	(mm)					min.	max.	
1	2,000	0,0	0	0	100	100		
2	1,400	6,2	1	1	99	95	100	
3	1,000	10,4	2	3	97	85	99	5%
4	0,500	96,8	15	18	82			10%
5	0,250	401,6	63	81	19			25%
6	0,125	110,2	17	98	2			
7	0,063	11,7	2	100	0			3%
	< 0,063	0,0	0	100	0			
celkom		636,9	100	Vyhodnotenie výsledkov skúšky		vyhovuje		



Příloha 3

Kamenivo Bytča Hrabové - vyhlášení o parametrech, protokol o zkoušce

Vyhlásenie o parametroch č. 001/CPR/2014
podľa Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011



1. Identifikačný kód výrobku: **BYTČA 0/4**
2. Druh stavebného výrobku: **Prírodné kamenivo – drobné ťažené, hornina štrkopiesok**
3. Zamýšľané použitia stavebného výrobku:
Kamenivo pre výrobu betónu používaného do budov, ciest a iných stavebných diel
4. Výrobca: **Kamenivo Slovakia a.s., Areál Prefa, 014 01 Bytča - Hrabové, IČO: 35 791 713, tel.: ++421910987884, e-mail: ksas@ksas.sk**
5. Meno a kontaktná adresa splnomocneného zástupcu: -
6. Systém posudzovania a overovania nemennosti parametrov: **Systém 2+**
7. Notifikovaná osoba: **Zkušebňa kamene a kameniva, s.r.o., oznámený subjekt č. 1392**
vykonala počiatočnú inšpekciu výrobného závodu a systému riadenia, vykonáva priebežný dohľad nad systémom riadenia výroby a posudzovania a hodnotenia systému riadenia výroby, a vydala Certifikát zhody systému riadenia výroby (Certifikát VPK) č.: **1392-CPD-380** zo dňa 13.06.2013.
8. Deklarované parametre:

Podstatné vlastnosti	Parametre	Harmonizované technické špecifikácie
Tvar zŕn, rozmer a objemová hmotnosť		EN 12620:2002+A1:2008
- Frakcia	0/4	
- Trieda zrnitosti	G _{F85}	
- Typická trieda zrnitosti HK s D/d > 2 na strednom site	NPD	
- Typický prepad HK s D/d > 2 na strednom site	NPD	
- Typická trieda zrnitosti DK	sito 4=90%, 1=40%, 0,250=11% hm.	
- Tvar hrubého kameniva – index plochosti	NPD	
- Tvar hrubého kameniva – tvarový index	NPD	
- Objemová hmotnosť	2,652 Mg/m ³	
Čistota		
- Obsah častí ulít v HK	NPD	
- Obsah jemných zŕn	f ₅	
Odolnosť proti rozdrobovaniu/drveniu		
- Odolnosť HK proti rozdrobovaniu skúškou Los Angeles	NPD	
- Odolnosť proti rozdrobovaniu rázmi	NPD	
Odolnosť proti vyhladzovaniu/obrusov./opotrebovaniu		
- Odolnosť HK proti obrusovaniu (mikro-Deval)	NPD	
- Odolnosť proti vyhladzovaniu	NPD	
- Odolnosť proti obrusovaniu povrchu	NPD	
- Odolnosť proti obrusu pneumatikami s hrotmi	NPD	
Zloženie/Obsah		
- Zložky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	
- Sírany rozpustné v kyseline	AS _{0,2}	
- Celkový obsah síry	Prijatá	
- Obsah vodou rozpustných síranov v recykl. kamenive	SS _{0,2}	
- Obsah humusu	Prijatá	
- Obsah hrubých ľahkých nečistôt	≤ 0,25 % hm.	
- Vplyv látok z RK na rýchlosť tuhnutia a tvrdnutia betónu	NPD	
- Obsah oxidu uhličitého v drobnom kamenive	≤ 14 %hm.	
Objemová stálosť		
- Objemová stálosť – zmršťovanie sušením	Prijatá, ≤ 0,075%	
- Rozpad kremičitanu vápenatého z vysokopecnej strusky	NPD	
- Rozpad železa z vysokopecnej strusky	NPD	
Nasiakavosť		
- Nasiakavosť	WA ₂₄ ≤ 1,5	
Nebezpečné látky		
- Vyžarovanie rádioaktivity	Ra 226 ≤ 50 Bq/kg	
- Uvoľňovanie ťažkých kovov	NPD	
- Uvoľňovanie polyaromatických uhlovodíkov	NPD	
- Uvoľňovanie iných nebezpečných látok	NPD	
Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu		
- Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu	NPD	
- Odolnosť proti síranu horečnatému	NPD	
Odolnosť proti alkalicke-kremičitej reakcii		
- Alkalicke-kremičitá reakcia	rozpínanosť < 0,10 % D = 102, S = 17 mmol/l	

9. Parametre výrobku uvedené v bodoch 1 a 2 sú v zhode s deklarovateľnými parametrami v bode 8.

Toto vyhlásenie o parametroch sa vydáva na výhradnú zodpovednosť výrobcu uvedeného v bode 4. Podpisal za a v mene výrobcu:

V 17.03.2014	Meno a funkcia	Ing. Josef Kropáček, riaditeľ spoločnosti	Podpis
--------------	----------------	---	--------

Kamenivo Slovakia a.s.
Areál Prefa
014 01 Bytča - Hrabové
IČO: 35791713 IČ DPH: SK2020245301

BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 Beroun, tel., fax: +420311644780

Zkušební laboratoř Brno, pracoviště Gajdošova 37, 615 00 Brno

Zkušební laboratoř číslo 1195.3 akreditovaná ČIA, o.p.s.

Objednatel: Ceskomoravský štěrk a.s., Mokrá 359

Výrobce: Kamenivo Slovakia

Objednávka: 01/867/2010 / 2.1.2010

Provozovna: Bytča

Strana 1 / 1

Datum odběru: 3.11.14

Frakce: 0/4

Počet stran příloh: 0

Datum převzetí: 3.11.14

Účel zkoušky: T

Výtisk číslo: 1/1

Datum zkoušky: 6.11.14

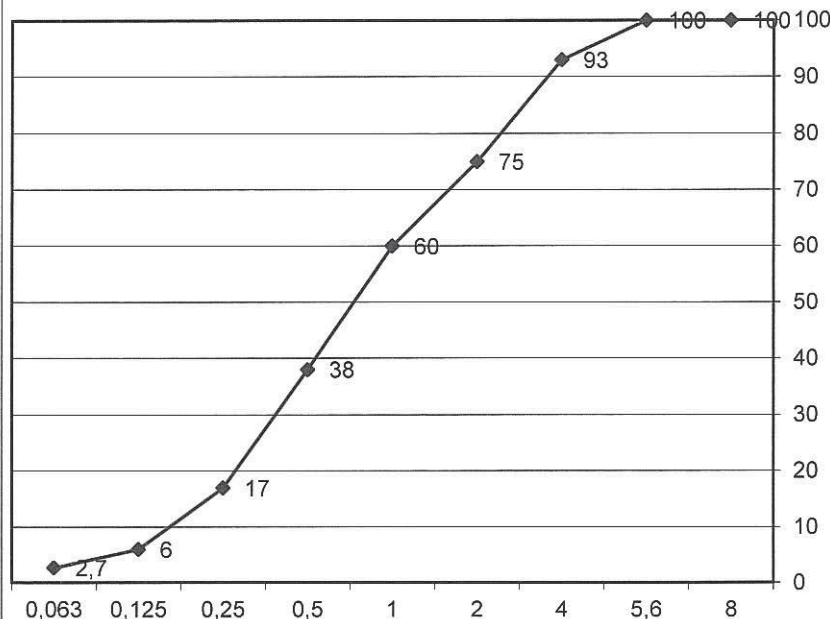
Protokol číslo: 01/3672/14

Stanovení zrnitosti kameniva - Sítový rozbor

Identifikace zkušební metody: ČSN EN 933-1

(praní a pros.) Akreditovaný postup: ano

Síto	Jednotka	Zbytek na síti	Propad sítem	Nejist. měření
125	% hm.			
90	% hm.			
63	% hm.			
45	% hm.			
31,5	% hm.			
22,4	% hm.			
16	% hm.			
11,2	% hm.			
8	% hm.	0,0	100	0,5
5,6	% hm.	0,0	100	2,0
4	% hm.	6,9	93	2,2
2,8	% hm.			
2	% hm.	18,2	75	0,8
1,4	% hm.			
1	% hm.	15,3	60	0,8
0,5	% hm.	21,1	38	1,5
0,25	% hm.	21,9	17	0,7
0,125	% hm.	10,1	6	0,3
0,063	% hm.	3,7	2,7	0,1



Vlastnost kameniva	Identifikace metody	Jednotka	Hodnota	Nejist. měření	Akredit. postup
Jemné částice (f)	ČSN EN 933-1	% hm.	2,7	0,1	ano
Tvarový index (SI)	ČSN EN 933-4	% hm.			
Index plochosti (FI)	ČSN EN 933-3	% hm.			
Podíl drcených zrn (C_C)	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl ostrohranných zrn (C_{TC})	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl zaoblených zrn (C_R)	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl oblých zrn (C_{TR})	ČSN EN 933-5	% hm.			
Nasákavost (WA_{24})	ČSN EN 1097-6	% hm.			
Otlukovost (LA)	ČSN EN 1097-2, čl. 5	-			
Přítomnost humusu	ČSN EN 1744-1	-			
Methylenová modř (MB_F)	ČSN EN 933-9	g/kg			
Ekvivalent písku (EP)	ČSN EN 933-8	-			
Lehké znečišťující částice (LPC)	ČSN EN 1744-1	% hm.			
Stanovení volné slídy	ČSN 72 1180	% hm.			
Trvanlivost-síran hořečnatý (MS)	ČSN EN 1367-2	% hm.			
Mrazuvzdornost (F)	ČSN EN 1367-1	% hm.			
Hmotnost objemová	ČSN EN 1097-6	Mg/m ³			
Hmotnost volně sypaná	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³			
Hmotnost setřesená	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³			
Mezerovitost volně sypaná	ČSN EN 1097-3	% hm.			
Vlhkost (w)	ČSN EN 1097-5	% hm.			

Zrnitostní rozbor kameniva

Velikost otvorů sít	Hodnota
2D	8
1,4D	5,6
D	4
D/1,4	
D/2	
d	
d/2	

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou založeny na standardní nejistotě násobené koeficientem rozšíření $K=2$, což pro normální rozdělení poskytuje hladinu spolehlivosti cca 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/16. Uvedená nejistota měření nezahrnuje nejist. vzorkování.

Úprava vzorku před zkouškou:
vzorek zmenšen kvartací



Poznámka:

Vzorkování provedl: Kropáček

- vzorkování provedeno dle záznamu o odběru č.: 789/14

Zkoušku provedl: Kostecká

Za protokol odpovídá: RNDr. Václav Blížkovský, TVZL

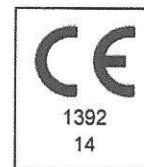
Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků.

Bez písemného souhlasu laboratoře nesmí být tento protokol reprodukován jinak než celý

Protokol byl opatřen elektronickým podpisem. Originál je pouze v elektronické podobě, každý výtisk se považuje za kopii.

RNDr. Václav Blížkovský
2014.11.10 11:41

Vyhlásenie o parametroch č. 004/CPR/2014
podľa Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011



- Identifikačný kód výrobku: **BYTČA 4/8**
- Druh stavebného výrobku: **Prírodné kamenivo – hrubé ťažené, hornina štrkopiesok**
- Zamýšľané použitia stavebného výrobku:

Kamenivo pre výrobu betónu používaného do budov, ciest a iných stavebných diel

- Výrobca: **Kamenivo Slovakia a.s., Areál Prefa, 014 01 Bytča - Hrabové, IČO: 35 791 713, tel.: ++421910987884, e-mail: ksas@ksas.sk**

- Meno a kontaktná adresa splnomocneného zástupcu: -

- Systém posudzovania a overovania nemennosti parametrov: **Systém 2+**

- Notifikovaná osoba: **Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o., oznámený subjekt č. 1392**

vykonala počiatočnú inšpekciu výrobného závodu a systému riadenia, vykonáva priebežný dohľad nad systémom riadenia výroby a posudzovania a hodnotenia systému riadenia výroby, a vydala Certifikát zhody systému riadenia výroby (Certifikát VPK) č.: **1392-CPD-380** zo dňa 13.06.2013

- Deklarované parametre:

Podstatné vlastnosti	Parametre	Harmonizované technické špecifikácie
Tvar zrn, rozmer a objemová hmotnosť		EN 12620:2002+A1:2008
- Frakcia	4/8	
- Trieda zrnitosti	G _{c85/20}	
- Typická trieda zrnitosti HK s D/d > 2 na strednom site	G _{T15}	
- Typický prepad HK s D/d > 2 na strednom site	30 % hm.	
- Typická trieda zrnitosti DK	NPD	
- Tvar hrubého kameniva – index plochosti	F _{I20}	
- Tvar hrubého kameniva – tvarový index	S _{I20}	
- Objemová hmotnosť	2,644 Mg/m ³	
Čistota		
- Obsah častí ulít v HK	SC ₁₀	
- Obsah jemných zrn	f _{1,5}	
Odolnosť proti rozdrobovaniu/drveniu		
- Odolnosť HK proti rozdrobovaniu skúškou Los Angeles	LA ₃₀	
- Odolnosť proti rozdrobovaniu rázmi	NPD	
Odolnosť proti vyhladzovaniu/obrusov./opotrebovaniu		
- Odolnosť HK proti obrusovaniu (mikro-Deval)	M _{DE20}	
- Odolnosť proti vyhladzovaniu	PSV _{NR}	
- Odolnosť proti obrusovaniu povrchu	NPD	
- Odolnosť proti obrusu pneumatikami s hrotmi	NPD	
Zloženie/Obsah		
- Zložky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	
- Chloridy	≤ 0,01 % hm.	
- Sírany rozpustné v kyseline	AS _{0,2}	
- Celkový obsah síry	Prijatá	
- Obsah vodou rozpustných síranov v recykl. kamenive	SS _{0,2}	
- Obsah humusu	Prijatá	
- Obsah hrubých ľahkých nečistôt	≤ 0,05 % hm.	
- Vplyv látok z RK na rýchlosť tuhnutia a tvrdnutia betónu	NPD	
- Obsah oxidu uhličitého v drobnom kamenive	NPD	
Objemová stálosť		
- Objemová stálosť – zmršťovanie sušením	Prijatá, ≤ 0,075%	
- Rozpad kremičitanu vápenatého z vysokopecnej strusky	NPD	
- Rozpad železa z vysokopecnej strusky	NPD	
Nasiakavosť		
- Nasiakavosť	WA ₂₄ ≤ 1,5	
Nebezpečné látky		
- Vyžarovanie rádioaktivity	Ra 226 ≤ 50 Bq/kg	
- Uvoľňovanie ťažkých kovov	NPD	
- Uvoľňovanie polyaromatických uhľovodíkov	NPD	
- Uvoľňovanie iných nebezpečných látok	NPD	
Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu		
- Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu	F ₁	
- Odolnosť proti síranu horečnatému	MS ₁₈	
Odolnosť proti alkalicko-kremičitej reakcii		
- Alkalicko-kremičitá reakcia	rozpínanosť < 0,10 % D = 102, S = 17 mmol/l	

- Parametre výrobku uvedené v bodoch 1 a 2 sú v zhode s deklarovateľnými parametrami v bode 8.

Toto vyhlásenie o parametroch sa vydáva na výhradnú zodpovednosť výrobcu uvedeného v bode 4. Podpisal za a v mene výrobcu:

V 17.03.2014	Meno a funkcia	Ing. Josef Kropáček, riaditeľ spoločnosti	Podpis
--------------	----------------	---	--------

Kamenivo Slovakia a.s.
Areál Prefa
014 01 Bytča - Hrabové
IČO: 35791713 IČ DPH: SK2020245381

BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 Beroun, tel., fax: +420311644780

Zkušební laboratoř Brno, pracoviště Gajdošova 37, 615 00 Brno

Zkušební laboratoř číslo 1195.3 akreditovaná ČIA, o.p.s.

Objednatel: Ceskomoravský štěrk a.s., Mokrá 359

Výrobce: Kamenivo Slovakia

Objednávka: 01/867/2010 / 2.1.2010

Provozovna: Bytča

Strana 1 / 1

Datum odběru: 3.11.14

Frakce: 4/8

Počet stran příloh: 0

Datum převzetí: 3.11.14

Účel zkoušky: T

Výtisk číslo: 1/1

Datum zkoušky: 6.11.14

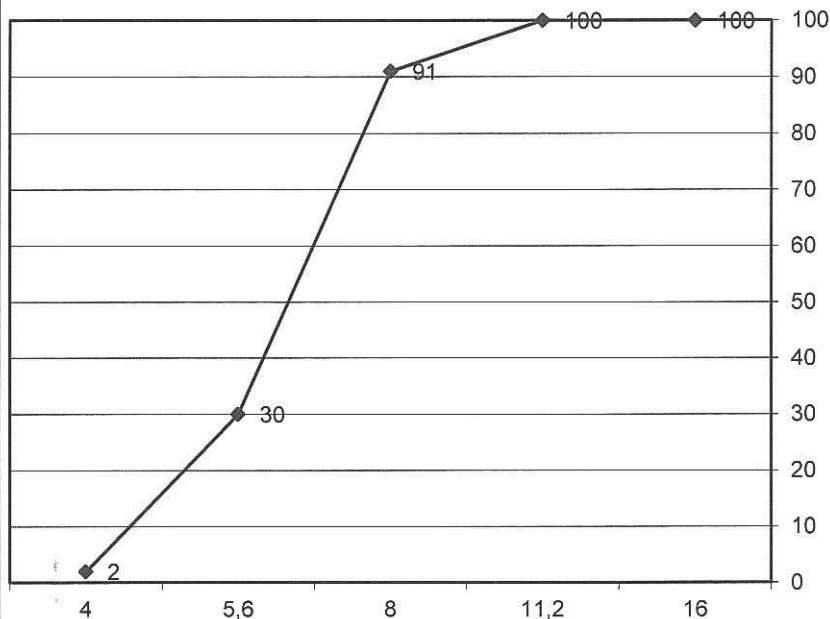
Protokol číslo: 01/3673/14

Stanovení zrnitosti kameniva - Sítový rozbor

Identifikace zkušební metody: ČSN EN 933-1

(praní a pros.) Akreditovaný postup: ano

Síto	Jednotka	Zbytek na síti	Propad sítem	Nejist. měření
125	% hm.			
90	% hm.			
63	% hm.			
45	% hm.			
31,5	% hm.			
22,4	% hm.			
16	% hm.	0,0	100	0,8
11,2	% hm.	0,0	100	0,7
8	% hm.	9,4	91	0,5
5,6	% hm.	60,9	30	0,6
4	% hm.	27,9	2	0,1
2,8	% hm.			
2	% hm.	1,7	0	0,0
1,4	% hm.			
1	% hm.			
0,5	% hm.			
0,25	% hm.			
0,125	% hm.			
0,063	% hm.	0,1	0,0	0,0



Vlastnost kameniva	Identifikace metody	Jednotka	Hodnota	Nejist. měření	Akredit. postup
Jemné částice (f)	ČSN EN 933-1	% hm.	0,0	0,0	ano
Tvarový index (SI)	ČSN EN 933-4	% hm.			
Index plochosti (FI)	ČSN EN 933-3	% hm.			
Podíl drcených zrn (C_C)	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl ostrohranných zrn (C_{TC})	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl zaoblených zrn (C_R)	ČSN EN 933-5	% hm.			
Podíl obýlých zrn (C_{TR})	ČSN EN 933-5	% hm.			
Nasákavost (WA_{24})	ČSN EN 1097-6	% hm.			
Otlukovost (LA)	ČSN EN 1097-2, čl. 5	-			
Přítomnost humusu	ČSN EN 1744-1	-			
Methylenová modř (MB_F)	ČSN EN 933-9	g/kg			
Ekvivalent písku (EP)	ČSN EN 933-8	-			
Lehké znečišťující částice (LPC)	ČSN EN 1744-1	% hm.			
Stanovení volné slidy	ČSN 72 1180	% hm.			
Trvanlivost-síran hořečnatý (MS)	ČSN EN 1367-2	% hm.			
Mrazuvzdornost (F)	ČSN EN 1367-1	% hm.			
Hmotnost objemová	ČSN EN 1097-6	Mg/m ³			
Hmotnost volně sypaná	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³			
Hmotnost setřesená	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³			
Mezerovitost volně sypaná	ČSN EN 1097-3	% hm.			
Vlhkost (w)	ČSN EN 1097-5	% hm.			

Zrnitostní rozbor kameniva

Velikost otvorů sít	Hodnota
2D	16
1,4D	11,2
D	8
D/1,4	5,6
D/2	
d	4
d/2	2

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou založeny na standardní nejistotě násobené koeficientem rozšíření $K=2$, což pro normální rozdělení poskytuje hladinu spolehlivosti cca 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/16. Uvedená nejistota měření nezahrnuje nejist. vzorkování.

Úprava vzorku před zkouškou:
vzorek zmenšen kvartací



Poznámka:

Vzorkování provedl: Kropáček

- vzorkování provedeno dle záznamu o odběru č.: 789/14

Zkoušku provedl: Jelínková

Za protokol odpovídá: RNDr. Václav Blížkovský, TVZL

Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků.

Bez písemného souhlasu laboratoře nesmí být tento protokol reprodukován jinak než celý

Protokol byl opatřen elektronickým podpisem. Originál je pouze v elektronické podobě, každý výtisk se považuje za kopii.

RNDr. Václav Blížkovský
2014.11.10 11:41

Příloha 4

Technický list superplastifikační přísada MasterGlenium SKY 504

MasterGlenium SKY 504

Superplastifikační přísada na bázi polykarboxyláteteru, bez odpěňovače, pro aplikace v podzemních stavebních, k výrobě měkkých až velmi tekutých betonů. Přísada odpovídá normě: EN 934-2.

POPIS

MasterGlenium SKY 504 způsobuje velmi dobré ztekucení betonu a zároveň výborné zachování konzistence zejména v betonech F4 až F6 dle ČSN EN 206. Přísada je velmi vhodná pro aplikace v podzemních stavebních, na výrobu stříkaných betonů, také při zvýšených teplotách do +30 °C a pro použití s cementy, které obsahují malý podíl rozpustných sulfátů. Vzhledem k nepřítomnosti odpěňovače jsou betony, obsahující MasterGlenium SKY 504 náchylné k vyššímu obsahu vzduchu. Přísada MasterGlenium SKY 504 se může používat pro betony a železobetony podle normy ČSN EN 206-1, ale není vhodná pro předpjaté betony.

PŮSOBENÍ

MasterGlenium SKY 504 vykazuje ve srovnání s běžně používanými superplastifikačními přísadami výrazně lepší rozptýlení cementu. Vzniká homogenní, cementový tmel, který má malé vnitřní třecí síly, a tím se dosahuje lepší zpracovatelnosti betonu. MasterGlenium SKY 504 umožňuje na základě své molekulární struktury velmi dobré ztekucení s dlouhotrvajícím účinkem. Současně beton vykazuje zvýšenou odolnost proti kolísání teplot a robustnost při změně vstupních materiálů ve srovnání s betony, které obsahují běžně používané superplastifikační přísady. Při zvýšeném dávkování přísady MasterGlenium SKY 504 je vývoj počátečních pevností v prvních 24 hodinách zpomalen a beton má vyšší obsah vzduchu.

TECHNICKÉ ÚDAJE

skupenství	kapalina
barva	hnědá
obj. hmotnost při +20 °C	1,07 ±0,02 g/ml
hodnota PH při +20 °C	6,5 ±1,0
obsah chloridů max.	0,1 % hm.
obsah alkálií max. (ekvivalent Na ₂ O)	1,5 % hm.

ZPRACOVÁNÍ

Do betonové směsi se doporučuje přidat přísadu společně s poslední třetinou záměsové vody. Je nutné dodržet dostatečnou dobu pro zamíchání přísady do směsi k získání potřebných vlastností.

DÁVKOVÁNÍ

Doporučené dávkování: 0,2 %–3,0 % hmotnosti cementu. Před použitím je nutné provést průkazní zkoušku dle ČSN EN 206 pro stanovení optimálních poměrů a dávkování.

BALENÍ

- kanystř 20 kg
- sud 200 kg
- kontejner 1 000 kg

SKLADOVÁNÍ

Chraňte před mrazem a znečištěním. Při obvyklém skladování (uzavřená nádoba, +20 °C) je výrobek použitelný minimálně po dobu 1 roku. Při skladování je třeba dodržovat předpisy pro zařízení, které nakládají s látkami, které mohou ohrozit kvalitu vodních zdrojů.

BEZPEČNOSTNÍ POKYNY

Přípravek nemá charakter nebezpečné látky ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb., v platném znění. Při odborném používání nejsou známy žádné škodlivé účinky. Při manipulaci s chemikálií dodržujte běžná bezpečnostní opatření. Znečištěné oblečení odložte, zasažené části pokožky umyjte vodou. Je třeba zabránit úniku látky do kanalizace, povrchových a spodních vod. Pokyny pro první pomoc, bezpečnostní pokyny a pokyny pro odstraňování látky a obalů jsou uvedeny v bezpečnostním listu, který zasíláme na vyžádání.

TECHNICKÁ PODPORA

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.

MasterGlenium SKY 504

Superplastifikační přísada na bázi polykarboxyláteteru, bez odpěňovače, pro aplikace v podzemních stavebních, k výrobě měkkých až velmi tekutých betonů. Přísada odpovídá normě: EN 934-2.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
fax: +420 226 212 071
e-mail: info.cz@basf.com
www.basf-sh.cz

Zákaznický servis (příjem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

Sídlo společnosti:
K Májovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

**Divize Admixture systems
(informace k produktům)**
Mobil: +420 724 755 574

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníkům a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlí-li se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese www.basf-sh.cz.
Vydáno: únor 2014. Novým vydáním pozbývá staré platnost.

Příloha 5

Technický list přísady urychlující tuhnutí MasterRoc SA 183

MasterRoc SA 183

Dříve MEYCO SA 183

Vysoce účinný nealkalický kapalný urychlovač tuhnutí pro stříkané betony.

POPIS VÝROBKU

MasterRoc SA 183 je vysoce účinný nealkalický urychlovač tuhnutí pro stříkané betony, jehož dávkování se dá měnit podle požadované doby tuhnutí a tvrdnutí.

OBLASTI POUŽITÍ

- Dočasné a trvalé zajištění výrubu při ražbě tunelů a v dolech.
- Zajištění svahů.
- Vhodný i pro urychlování tuhnutí a tvrdnutí cementových injektážních směsí, používaných např. pro vyplňování prostoru za ostěním tunelů ražených plnoprofilovými tunelovacími stroji TBM, nebo směsí pro injektáže hornin a směsí pro pěnobeton.

BALENÍ

MasterRoc SA 183 se dodává v sudech 210 litrů, kontejnerech 1000 litrů nebo volně ložený.

CHARAKTERISTIKY A PŘEDNOSTI

MasterRoc SA 183 je ideální pro mokré stříkaný beton pro zajišťování výrubů:

- Rychlé tuhnutí umožňuje rychlý postup prací a budování silných ostějí ze stříkaného betonu nanášením více vrstev během jednoho pracovního záběru.
- Unikátní složení tohoto produktu zajišťuje rychlé tuhnutí, plynulý nárůst počáteční pevnosti, vysokou trvanlivost a dobrou dlouhodobou pevnost.
- Velmi malá prašnost při nanášení a tím vhodné pracovní prostředí.
- Možnost dosažení nízkého spadu při použití správného úhlu nastavení trysky a její správné vzdálenosti.
- Neagresivní vlastnosti zajišťují zvýšenou bezpečnost práce, zmenšený dopad na životní prostředí a nižší manipulační náklady.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Forma	suspenze
Barva	béžová až bílá
Hustota (+20 °C)	1,47 ± 0,03 g/ml
Hodnota pH (vodní roztok 1:1)	2,8 ± 0,5
Viskozita ¹⁾	750 ± 250 mPa.s
Teplotná stabilita	+5°C až +35°C
[Na ₂ O] EQV. (váhových procent %)	<1 %
Bez obsahu chloridů	

¹⁾ Brookfield, +20 °C. Viskozita závisí na stupni promísení výrobku a teplotě.

POSTUP POUŽITÍ

Podklad by měl být čistý, bez volných částic a nejlépe vlhký.

Doporučuje se použití pouze čerstvého cementu, jelikož stárí cementu může mít negativní vliv na charakteristiky tuhnutí směsi.

MasterRoc SA 183 může být citlivý na druh cementu. U některých cementů mohou být charakteristiky tuhnutí příliš pomalé. Doporučujeme použití portlandských cementů (PC/HPC), které obecně tuhnou rychleji než směsné, nebo síranovzdorné druhy cementů. MasterRoc SA 183 ale funguje dobře i se směsnými druhy cementů (vápencové, popílkové anebo struskové cementy). Ve všech případech se u cementů plánovaných pro použití na stavbě velmi doporučuje provádění předběžných zkoušek pro kontrolu tuhnutí a pevnosti po 24 hodinách.

Posuzování tuhnutí a pevnosti po 24 hodinách by se mělo provádět na zkušební směsi v souladu s technickými podmínkami EFNARC pro stříkané betony (1966), příloha 1, odstavec 6.3.

Následující výsledky by se měly považovat pouze za vodítko:

Počátek tuhnutí	Konec tuhnutí	Pevnost za 24 hod.	Hodnocení
2 min	6–8 min	18–20 MPa	dobré
5 min	8–12 min	12–15 MPa	vyhovující
>10 min	>15 min	<10 MPa	špatné

BETONOVÁ SMĚS

Použije-li se MasterRoc SA 183 do mokrého stříkaného betonu, měl by vodní součinitel w/c+b být nižší než 0,5, nejlépe <0,45. Je-li cílem extrémně vysoká počáteční pevnost, měl by být 0,40 nebo nižší. Nižší vodní součinitel zajišťuje rychlejší počáteční pevnost, větší trvanlivost, menší dávkování urychlovače a umožňuje nanášení silnějších vrstev, a to i nad hlavou.

SYSTÉM DÁVKOVÁNÍ

MasterRoc SA 183 se přidává v trysce. Je velmi důležité, aby dávkování urychlovače do proudu betonu bylo plynulé a přesné. Aby byla zajištěna kvalita stříkaného betonu, řiďte se dále uvedenými zásadami při výběru čerpadla:

Urychlovač pracuje velmi dobře při použití:

- vřetenových čerpadel (čerpadla stator/rotor)
- peristaltických čerpadel (Bredel)

MasterRoc SA 183

Dříve MEYCO SA 183

Vysoce účinný nealkalický kapalný urychlovač tuhnutí pro stříkané betony.

Neměla by se pro něj používat:

- pístová čerpadla
- žádná čerpadla s kulovými a sedlovými ventily
- řešení s tlakovými nádobami
- zubová čerpadla

Nepoužívejte filtr na sací hadici, jelikož je příčinou ucpávání. Lepší je nasávat materiál ze dna sudu anebo kontejneru.

KOMPATIBILITA S JINÝMI URYCHLOVAČI

MasterRoc SA 183 se dá střídat s většinou nealkalických urychlovačů firmy BASF. Poradte se, prosím, s Vám místně příslušným zástupcem firmy BASF.

Nemíchejte ani nestřídejte MasterRoc SA 183 se žádným typem urychlovače od jiného výrobce, jelikož to může způsobit okamžité ucpání dávkovacího čerpadla a hadic.

SPOTŘEBA

Spotřeba urychlovače MasterRoc SA 183 také závisí na vodním součiniteli $w/c+b$, teplotních podmínkách (betonu a okolí), reaktivitě cementu a na požadované tloušťce vrstev, době tuhnutí a rychlosti náběhu pevnosti. Spotřeba se normálně pohybuje mezi 3 až 10 % hmotnosti pojiva.

Předávkování (>10 %) může vést ke snížení konečné pevnosti.

ČIŠTĚNÍ DÁVKOVACÍHO ČERPADLA

Po použití urychlovače MasterRoc SA 183 se dávkovací čerpadlo a další části systému **musí pečlivě vyčistit** velkým množstvím vody. Nevyčištění může způsobit ucpání dávkovacího systému při dalším použití. Zajistěte, aby všechny osoby obsluhující stroje a používající urychlovač byly o této skutečnosti plně informovány.

SKLADOVÁNÍ

- MasterRoc SA 183 se musí skladovat za minimální teploty +5 °C a maximální teploty +35 °C (optimální teplota pro skladování a působení je +20 °C).
- Musí se uchovávat v uzavřených kontejnerech vyrobených z plastu, sklolaminátu nebo nerezavějící oceli.
- **Nesmí** se skladovat v obyčejných ocelových kontejnerech.
- Skladování ve velkoobjemových zásobnících **vyžaduje** použití míchacích anebo cirkulačních systémů.
- Při prodloužení doby skladování nebo dopravy doporučujeme dokonalé promíchání před použitím pomocí mechanického čeření nebo recirkulačního čerpadla.
- Je-li urychlovač skladován v pevně uzavřených originálních kontejnerech za výše uvedených podmínek, je jeho skladovací doba 6 měsíců. Skladovací doba se může ještě prodloužit občasným promícháním.
- Před použitím jakéhokoliv výrobku, který zmrzl, laskavě kontaktujte Vám místně příslušného zástupce firmy BASF.
- V případě prodloužení doby skladování by se měly vždy před použitím provést zkoušky účinnosti.

BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ

Měla by se dodržovat stejná bezpečnostní opatření, jaká platí pro používání cementů.

Zabraňte kontaktu s pokožkou a očima a používejte gumové rukavice a ochranné brýle. Dojde-li ke kontaktu, opláchněte zasažené místo velkým množstvím vody. Dojde-li ke kontaktu s očima, vyhledejte lékařskou pomoc.

Další informace naleznete v bezpečnostním listu materiálu nebo vyhledejte Vám místně příslušného zástupce firmy BASF.



The Chemical Company

MasterRoc SA 183

Dříve MEYCO SA 183

Vysoce účinný nealkalický kapalný urychlovač tuhnutí pro stříkané betony.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
fax: +420 226 212 071
e-mail: info.cz@basf.com
www.basf-sh.cz

Zákaznický servis (příjem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

Centrála BASF SE
Underground Construction
Salzachstrasse 2-12
68199 Mannheim, Germany
Phone +49 621 60 91013
www.ugc.basf.com
E-mail ugc@basf.com

Sídlo společnosti:
K Májovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

Manažer pro podzemní stavby
Mobil: +420 724 280 090

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníkům a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlí-li se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese www.basf-sh.cz.
Vydáno: březen 2014. Novým vydáním pozbývá staré platnost.

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS